



ESCOLA NAVAL

talant de biẽ-faire



Íven Clésio dos Santos Bretes

Análise Exploratória da Pirataria no Séc. XXI

Identificação de Fatores Determinantes

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Militares Navais, na especialidade de Marinha**



Alfeite

2021



Íven Clésio dos Santos Bretes

Análise Exploratória da Pirataria no Séc. XXI

Identificação de Fatores Determinantes

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Militares
Navais, na especialidade de Marinha**

Orientação de: Capitão-Fragata Jorge Manuel Lourenço Gorricha

O Aluno Mestrando

Santos Bretes
ASPOF M

O Orientador

Lourenço Gorricha
CFR M

Alfeite

2021

“Failure will never overtake me if my determination to succeed is strong enough.”

OgMandino

Dedico este trabalho aos meus pais, António e Fernanda, e ao meu irmão Iúri, por todo o apoio que sempre me deram, por terem sempre acreditado em mim, por terem feito tudo para que eu conseguisse realizar os meus sonhos e por terem sido o meu porto de abrigo. À minha namorada, Márcia por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, por me motivar quando mais precisava e por todo o apoio e carinho que me deu ao longo dos últimos anos.

Agradecimentos

Quero agradecer a todos aqueles que contribuíram para a elaboração desta dissertação, sem o apoio de todos o desenvolvimento deste estudo teria sido muito mais complicado.

Começo por agradecer ao meu orientador, Capitão-Fragata Jorge Manuel Lourenço Gorricha por toda a disponibilidade e apoio durante a realização da dissertação, que sem a sua ajuda este estudo nunca teria sido desenvolvido.

Ao Curso Capitão-Tenente Raúl Alexandre Cascais, por estes últimos 5 anos que estivemos juntos, com um apreço especial aos camaradas com quem privei durante mais tempo e que tornaram estes 5 anos de Escola Naval muito mais fácil.

Aos meus pais, irmão e restantes familiares e amigos por o apoio incondicional e disponibilidade em todos os momentos. À minha namorada pelo apoio, carinho e por ter estado sempre ao meu lado nesta caminhada. Foram estas pessoas que me permitiram superar e alcançar tudo o que idealizei.

A todos, um grande obrigado.

Resumo

A pirataria marítima é atualmente um fenómeno com forte impacto na atividade económica mundial. Atenta a sua natureza adaptativa e criminosa, tende a evoluir, quer seja no espaço e nas formas de ataque em função das medidas de segurança e proteção que são tomadas por parte dos estados costeiros e das potências marítimas que tomam a iniciativa de prevenir esses mesmos ataques. Regra geral, é possível afirmar que este fenómeno é mais comum em áreas que cruzam as rotas de comércio marítimo e onde se verifica pouco controlo dos estados costeiros. O presente estudo, efetuado com os dados disponibilizados pela *International Maritime Organization* e pelo Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais da Marinha Portuguesa, relativos aos últimos doze anos, tem como objetivo apresentar uma análise exploratória dos dados e verificar se existem padrões nos ataques de pirataria que permitam induzir conhecimento sobre as características do fenómeno, na perspectiva espacial e temporal. Para o efeito, foram utilizadas abordagens estatísticas descritivas, recurso a sistemas de informação geográfica e ao uso de *Self-Organizing Maps*, definidos com uma, duas e três dimensões no espaço de output com vista à identificação de eventuais padrões existentes nos dados. Da análise efetuada foi possível relacionar os ataques de pirataria entre as áreas afetadas bem como as semelhanças existentes entre eles. Da análise temporal efetuada foi ainda possível analisar a evolução do fenómeno ao longo dos últimos anos.

Palavras-Chave: Pirataria; *Self-Organizing Map*; Análise Exploratória; Análise de Padrões; Análise Temporal.

Abstract

Maritime piracy is currently a phenomenon with a strong impact on global economic activity. Aware of its adaptive and criminal nature, it tends to evolve, whether in space and in the forms of attack depending on the security and protection measures that are taken by coastal states and maritime powers that take the initiative to prevent these same attacks. As a general rule, it can be said that this phenomenon is more common in areas that cross maritime trade routes and where there is little control of coastal states. This study, carried out with the data provided by the International Maritime Organization and the Center for Operational Data Management and Analysis of the Portuguese Navy, for the last twelve years, aims to present an exploratory analysis of the data and verify if there are patterns in piracy attacks that allow to induce knowledge about the characteristics of the phenomenon, from a spatial and temporal perspective. For this purpose, were used descriptive statistical approaches, geographic information systems and Self-Organizing Maps, defined with one, two and three dimensions in the output space in order to identify possible patterns in the data. From the analysis performed it was possible to relate the piracy attacks between the affected areas as well as the similarities between them. From the temporal analysis carried out it was also possible to analyze the evolution of the phenomenon over the last few years.

Keywords: Piracy; Self-Organizing Map; Exploratory Analysis; Standards Analysis; Temporal Analysis.

Índice

Agradecimentos	VII
Resumo.....	IX
Abstract	XI
Índice.....	XIII
Lista de Figuras	XV
Lista de Tabelas	XVII
Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Símbolos	XVII
Introdução.....	1
Objetivos e Questões de Investigação	1
Problema a resolver:	1
Objetivos:	2
Hipóteses a testar:	3
Metodologia.....	3
Estrutura	4
Capítulo 1	5
1. Revisão da Literatura.....	5
1.1 A Pirataria marítima ao longo do tempo	5
1.2 A Pirataria no Contexto Atual	7
1.3 Enquadramento Legal	9
1.3.1 Medidas de proteção	10
1.4 Abordagens de Análise	12
Capítulo 2	17
2. Material e Métodos	17
2.1 Fonte de Dados	17
2.2 Formato da BD	17
2.3 Seleção de Variáveis	17
2.4 Redes Neurais	22
2.4.1 Funcionamento das Redes Neurais	22
2.4.2 Aprendizagem das Redes Neurais	24

2.5	<i>Self-Organizing Maps (SOM)</i>	25
2.5.1	Algoritmo <i>SOM</i>	25
2.5.2	<i>SOM</i> aplicado em Dados Categóricos e Dados Binários.....	26
Capítulo 3	29
3.	Utilização do <i>SOM</i> para a análise exploratória	29
3.1	Parametrização do <i>SOM</i>	29
3.1.1	Tamanho do Mapa	29
3.1.2	Dimensão do Espaço de <i>Output</i>	30
3.1.3	Algoritmo de inicialização	30
3.1.4	Função de Vizinhaça	30
3.2	Avaliação da Qualidade do <i>SOM</i>	32
3.3	Métodos de Visualização de Dados no <i>SOM</i>	33
3.3.1	Adaptação do Espaço de <i>Output</i> do <i>SOM</i>	33
3.3.2	Combinação do Espaço de <i>Output</i> do <i>SOM</i> com Informação Complementar.....	34
3.4	Utilização do <i>SOM</i> na Análise Espacial de dados	35
3.5	Aplicação do <i>SOM</i> no presente estudo	35
3.6	Processamento dos Dados para a Aplicação no <i>SOM</i>	36
3.6.1	Processamento dos Dados para a Aplicação no <i>SOM</i> 1D	36
3.6.2	Processamento dos Dados para a Aplicação no <i>SOM</i> 3D	37
Capítulo 4	41
4.	Análise de Resultados	41
4.1	Análise Exploratória e Descritiva das Variáveis	41
4.1.1	Área.....	41
4.1.2	Período	42
4.1.3	Tipo de Navio	47
4.1.4	Estado do Navio.....	50
4.1.5	Área de Navegação	52
4.1.6	Classificação do Ataque	55
4.1.7	Estado Costeiro.....	57
4.1.8	Estado Bandeira	61
4.2	<i>SOM</i> 2D	62
4.3	<i>SOM</i> 3D	67
4.3.1	Aplicado ao Estado Bandeira	67
4.3.2	Análise Temporal.....	75

Conclusão	82
Trabalhos Futuros	88
ReferênciasBibliográficas	90
Apêndice A – Caracterização dos Tipos de Navio presentes no estudo.....	96
Apêndice B – Tabelas utilizadas como base na análise descritiva das variáveis	100
Apêndice C – Numeração das Variáveis nas Matrizes de Descodificação	106
Apêndice D – Funções <i>Matlab</i> para SOM 1D.....	110
Apêndice E – Funções <i>Matlab</i> para SOM 2D	118
Apêndice F – Funções <i>Matlab</i> para SOM 3D referente ao Estado Bandeira	120
Apêndice G – Funções <i>Matlab</i> para SOM 3D referente à Análise Temporal	132

Lista de Figuras

Figura 1 - Navio com Jato de Água	11
Figura 2 - Navio com Arame Farpado	11
Figura 3 - Reforço das entradas para a ponte	11
Figura 4 - Arquitetura Rede Neuronal	22
Figura 5- As quatro funções de vizinhança, "bubble", "gaussian", "cutgauss" e "ep"	32
Figura 6 - Regra do Cotovelo para escolha da dimensão do SOM 1D	37
Figura 7 - Casos por Área com recurso ao Software QGIS.....	41
Figura 8 - Número de Casos por Área	42
Figura 9 - Casos por Período	43
Figura 10 - Casos totais por Período (%)	43
Figura 11 - Casos por Período no EM.....	44
Figura 12 - Casos por Período no GoA	45
Figura 13 - Casos por Período no GoG	45
Figura 14 - Casos por Período no MSC	46
Figura 15 - Casos por Período no OI	46
Figura 16 - Eficácia das Medidas de Segurança no Período Noturno.....	47
Figura 17 - Eficácia das Medidas de Segurança no Período Diurno.....	47
Figura 18 - Taxa de Sucesso dos Ataques no Período Noturno.....	47
Figura 19 - Taxa de Sucesso dos Ataques no Período Diurno.....	47
Figura 20 - Casos Anuais por Tipo de Navio	48
Figura 21 - Casos por Tipo de Navio referentes ao Período (%).....	49
Figura 22 - Casos por Tipo de Navio referentes à Área (%)	50
Figura 23 - Casos Anuais por Estado do Navio	51
Figura 24 - Casos por Estado do Navio referentes à Área.....	51
Figura 25 - Casos por Estado do Navio no Período Noturno	52
Figura 26 - Casos por Estado do Navio no Período Diurno	52
Figura 27 – Casos Anuais por Área de Navegação.....	53
Figura 28 - Casos por Área de Navegação referentes à Área	54
Figura 29 - Casos por Área de Navegação referente ao Período	54
Figura 30 - Casos por Área de Navegação quando a Navegar	55
Figura 31 - Casos por Área de Navegação quando Fundeado	55
Figura 32 - Casos Anuais por Classificação do Ataque	56
Figura 33 - Casos por Classificação de Ataque referente à Área.....	56
Figura 34 - Casos por Classificação do Ataque referente ao Estado do Navio (%).....	57
Figura 35 - Número de Casos por Estado Costeiro no MSC	58
Figura 36 - Número de Casos por Estado Costeiro no EM	58
Figura 37 - Número de Casos por Estado Costeiro no GoA.....	59
Figura 38 - Número de Casos por Estado Costeiro no OI.....	60
Figura 39 - Número de Casos por Estado Costeiro no GoG.....	60
Figura 40 - Número de Casos total por Estado Costeiro	61
Figura 41 - Número de Casos total por Estado Bandeira	62
Figura 42 - Matriz-U obtida através do SOM 2D	64
Figura 43 - Matriz-U da projeção das MUC do SOM 1D no SOM 2D	65
Figura 44 - Exemplo da associação das BMU à representação geográfica.....	69

Figura 45 - Mapa de cores referentes à relação entre os casos de pirataria e os Estados bandeira com recurso ao SOM 3D.....	69
Figura 46 - Representação Geográfica dos casos com base no código de cores atribuídas aos agrupamentos referenciados na Tabela 5	72
Figura 47 - Matriz obtida com o modelo escolhido para as variáveis do “Tipo de Navio”	76
Figura 48 - Matriz de descodificação das cores presentes na Figura 46	77
Figura 49 - Matriz obtida com o modelo escolhido para todas as variáveis exceto "Tipo de Navio", "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"	78
Figura 50 - Matriz de descodificação das cores presentes na Figura 48	79
Figura 51 - Matriz obtida com o modelo escolhido para todas as variáveis exceto "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"	80
Figura 52 - Matriz de descodificação das cores presentes na Figura 48	81

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Número atribuído a cada Área	38
Tabela 2 - Resultados obtidos com os dados referentes ao <i>SOM 2D</i>	63
Tabela 3 - Análise dos agrupamentos face à área (em %) com recurso ao <i>SOM 2D</i>	65
Tabela 4 - Análise dos agrupamentos face à classificação do ataque (em %) com recurso ao <i>SOM 2D</i>	66
Tabela 5- Resultados obtidos com os dados referentes aos Estado bandeira. Onde σ representa o desvio padrão	68
Tabela 6 - Agrupamentos e código de cores atribuídos a cada Estado bandeira	70
Tabela 7 - Análise dos Agrupamentos face à classificação do ataque	72
Tabela 8 - Análise dos Agrupamentos face à Área	73
Tabela 9 - Análise dos Agrupamentos face ao estado do navio, área de navegação e carga/valores roubados	74
Tabela 10 - Resultados obtidos com os dados referentes ao "Tipo de Navio"	76
Tabela 11 - Resultados obtidos com os dados referentes a todas as variáveis exceto "Tipo de Navio", "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"	78
Tabela 12 - Resultados obtidos com os dados referentes a todas as variáveis exceto "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"	79

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Símbolos

AS(A)	América do Sul (Atlântico)
AS(C)	América do Sul (Central)
AS(P)	América do Sul (Pacífico)
BD	Base de Dados
BMU	<i>Best Matching Unit</i>
CADOP	Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais
CCA	<i>Curvilinear Component Analysis</i>
CCP	Computação com Palavras
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
DRS	Design Research Science
EM	Estreito Malacca
EQ	Erro de Quantização
ET	Erro Topológico
EUA	Estados Unidos da América
GoA	Golfo de Áden
GoG	Golfo da Guiné
GP	Golfo Pérsico
IMO	<i>International Maritime Organization</i>

MA	Mar Árábico
MAm	Mar Amarelo
MM	Mar Mediterrâneo
MMG	Modelos de Mistura Gaussiana
MN	Milhas Náuticas
MSC	Mar do Sul da China
MT	Mar Territorial
OI	Oceano Índico
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
SOM	<i>Self-Organizing Map</i>
UE	União Europeia
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i>
RPG	<i>Rocket Propelled Grenade</i>
ZEE	Zona Económica Exclusiva

Introdução

A pirataria existe desde que se conhece o comércio por via marítima e estende-se até aos dias de hoje, com características que variam nas tecnologias usadas e áreas afetadas. Trata-se de um fenómeno com natureza adaptativa que tende a evoluir em função das medidas de segurança e proteção que são tomadas por parte dos estados costeiros e das potências marítimas, bem como ao desenvolvimento da indústria marítima e das medidas que os mesmos tomam para prevenir esses mesmos ataques.

Uma das áreas que é considerada mais afetada por este fenómeno é o Golfo de Áden, resultante dos ataques por parte dos chamados “Piratas da Somália” (Bowden, 2010), não se limitando esta atividade, porém, a essa área. Efetivamente, na atualidade, existem outras áreas igualmente afetadas e que serão abrangidas pelo presente estudo.

O presente estudo, que tem por base os dados recolhidos referentes aos últimos 12 anos, tem como principal objetivo efetuar uma análise exploratória do fenómeno numa perspetiva global e analisar a evolução e tendência dos casos de pirataria verificados.

Para o efeito serão utilizadas ferramentas de análise exploratória de dados, com especial ênfase na utilização do *Self-Organizing Map (SOM)*, uma rede neuronal particularmente adaptada para a visualização de padrões existentes em dados com elevada dimensão e que no presente estudo será utilizada com o espaço de *output* definido com uma, duas e três dimensões como proposto por (J. Gorricha, 2015).

Objetivos e Questões de Investigação

Problema a resolver:

Partindo dos dados existentes, designadamente os disponibilizados pela *International Maritime Organization* e os fornecidos pelo Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais da Marinha Portuguesa (CADOP), pretende-se caracterizar o fenómeno da pirataria marítima nos últimos anos e identificar fatores determinantes que conduzam a ataques.

Atenta a natureza das ferramentas utilizadas, designadamente o *SOM*, serão ainda procuradas causas e características que emerjam dos dados existentes e que possam consubstanciar conhecimento sobre o fenómeno em causa.

Objetivos:

Constituem objetivos específicos do presente estudo:

- Efetuar uma revisão da literatura, identificando as conclusões dos estudos mais relevantes sobre o fenómeno da pirataria marítima, as variáveis utilizadas nesses estudos, assim como as ferramentas utilizadas para análise dos dados recolhidos.
- Proceder à recolha os dados disponíveis sobre o fenómeno, tendo por referência a revisão da literatura e a disponibilidade de dados existente.
- Identificar as variáveis relevantes para o estudo, procedendo ao respetivo tratamento e agregação, numa perspetiva espaço-tempo.
- Efetuar uma análise exploratória dos dados recolhidos de modo a concluir se existem, ou não existem, padrões nos ataques verificados nos últimos anos, que permitam responder, entre outras, às seguintes questões:
 - Existe correlação entre os ataques e as áreas afetadas?
 - Quais são os tipos de ataque mais recorrentes e que tipos de defesa por parte dos navios são mais eficientes?
 - Existe relação entre a Bandeira do navio e os ataques de pirataria?
 - Os padrões existentes nos ataques de pirataria são semelhantes entre as áreas afetadas ou diferem bastante entre si?
 - Como evoluiu o fenómeno da pirataria marítima nas várias áreas ao longo do tempo?

Hipóteses a testar:

H1: Os dados recolhidos e disponibilizados pelas diversas instituições permitem uma caracterização da pirataria marítima e a produção de conhecimento relevante sobre o referido fenómeno, que permitam a resposta aos objetivos elencados.

H2: A utilização de técnicas de visualização de dados, baseadas na utilização combinada de *SOMs* com uma, duas e três dimensões permitem uma melhor caracterização do fenómeno da pirataria marítima e a descoberta de relações e padrões existentes nos dados que não são visíveis pelo uso das técnicas de estatística descritiva.

Metodologia

Para a presente dissertação, e considerando que a abordagem seguida no presente estudo tem por base a utilização combinada do *SOM* com uma, duas e três dimensões no espaço de *output*, conforme propõe (J. Gorricha, 2015), colocando-o assim numa base experimental relacionada com a utilização de metodologias apropriadas para extração de conhecimento, foi escolhido como método de investigação o *Desing Research Strategy* (*DRS*). Este método é sugerido na literatura quando se pretendem desenvolver novas metodologias, teorias, instanciações, algoritmos e interface com computadores (Vaishnavi& Kuechler, 2004).

O *DRS* baseia-se em cinco fases:

- **Consciencialização do problema:** que é efetuada no Capítulo 1 onde, através da revisão da literatura, são reunidos os conhecimentos para o estudo;
- **Sugestão de uma possível solução:** efetuada no Capítulo 2 onde é iniciado o pré-processamento de dados face às necessidades que advêm da revisão da literatura;
- **Desenvolvimento:** consiste na aplicação e eventual desenvolvimento de soluções para atingir o objetivo pretendido, que se inicia ainda no Capítulo 2 com o tratamento de dados e se estende até ao Capítulo 3 onde é descrito a parametrização do *SOM*;

- **Avaliação dos Resultados:** apresentada no Capítulo 4, que consiste na análise dos resultados obtidos;
- **Conclusão:** fase final onde é identificado o conhecimento que foi adquirido e os resultados extraídos.

Estrutura

A presente dissertação é constituída por 6 capítulos, onde se inclui a Introdução e Conclusão.

Na introdução é efetuada uma descrição do problema em estudo, identificando-se o principal objetivo do mesmo, as questões de investigação que advêm desse objetivo primário e as hipóteses que serão testadas. Por fim, a estrutura da presente dissertação contempla ainda uma breve descrição dos conteúdos existentes em cada capítulo.

No **Capítulo 1- Revisão da Literatura** é efetuado um enquadramento histórico relativamente à pirataria, bem como a sua evolução ao longo do tempo e um enquadramento teórico dos possíveis algoritmos que serão utilizados.

No **Capítulo 2 - Material e Métodos** é apresentado todo o pré-processamento que foi necessário realizar de modo a obter todos os dados que vão ser utilizados neste estudo e terminando com uma breve síntese dos métodos que vão ser usados no respetivo processamento.

No **Capítulo 3 – Utilização do SOM para a análise exploratória** é apresentada a Parametrização do *SOM* e a adaptação das ferramentas existentes aos dados a explorar.

No **Capítulo 4 - Análise de Resultados** são apresentados os resultados obtidos e uma análise dos mesmos de modo a responder às questões iniciais.

Por fim, as **Conclusões** que foram elaboradas com base nos resultados obtidos, o trabalho futuro a realizar e as limitações do estudo.

Capítulo 1

1. Revisão da Literatura

1.1 A Pirataria marítima ao longo do tempo

Existem relatos de pirataria marítima com mais de dois mil anos. Supõe-se que a pirataria terá começado com o início do comércio por via marítima (Heller-Roazen, 2010), estendendo-se até aos dias de hoje. Apesar da inexistência de registos concretos sobre o primeiro ataque de pirataria, há documentação que indica que este fenómeno terá tido início no século XIV a.C., quando as rotas que passavam quer pelo Mar Egeu, quer pelo mar Mediterrâneo, eram alvos de ataques (Hassan & Hasan, 2017).

Os primeiros piratas que ficaram conhecidos pelos seus inúmeros assaltos na Antiguidade Clássica ¹ foram os Ilírios, povo de Ilíria² (Soko, 2016), que autorizados pela sua Rainha, Teuta (231-228 a.C.), dominaram o Mar Adriático. Como este mar era uma das rotas frequentemente utilizadas pelos romanos, estes eram constantemente um alvo destes ataques de pirataria, levando o Senado Romano a enviar dois navios para a Rainha Teuta, de forma a solicitara cessação dos ataques às embarcações romanas. Devido à rejeição deste pedido e o consequente ataque a um dos navios enviados, Roma declarou Guerra ao povo de Ilíria, tendo este sido derrotado após dois anos de guerra.

Mais tarde, durante a Idade Média³, designadamente a partir do final do século VIII até ao século XI (Soko, 2016), os *Vikings* foram o povo que mais se evidenciou no fenómeno da pirataria, com uma crescente expansão dos seus ataques, quer pela Europa, quer pelo Norte de África

Entre os Séc. XV e XIX, a costa do Norte de África, também conhecido como costa berbere, era uma zona onde existia frequentemente ataques de pirataria. Inicialmente, os alvos dos piratas desta zona eram os navios espanhóis e as zonas costeiras do mediterrâneo (Hassan & Hasan, 2017). No entanto, e com o decorrer dos anos estes ataques intensificaram-se e passaram a abranger todos os navios que

¹ Período da história cultural entre o Séc. VIIIa.C e o Séc. V d.C. centrado no mar Mediterrâneo. Período em que a sociedade Grega e Romana exerceu grande influência em toda a Europa

² Região mais a Noroeste da Península Balcânica

³ Período da história da Europa entre os Séc. V e Séc. XV

transportassem mercadorias, independentemente da sua nacionalidade. Para além do roubo, também era recorrente raptarem membros das guarnições com o objetivo de os tornar escravos. Entre os Séc. XVI e XIX estima-se que milhares de europeus tenham sido capturados por estes piratas (Davis, 2003). Por forma a evitar estes ataques, algumas nações da Europa assinaram tratados de paz, com o intuito de circularem no alto mar sem correrem o risco de ser alvos de um ataque pirata, sendo que a assinatura destes tratados era acompanhada de um pagamento. Um dos países a aderir foi a Inglaterra que assinou um tratado de paz com Argel⁴, Tunis⁵ e Tripoli⁶ em 1662 (Panzac, 2005).

No início do Séc. XIX, os EUA declararam guerra aos piratas da costa berbere por forma a libertar o Mediterrâneo dos seus ataques e acabar com os tratados de paz impostos por estes (Teye, 2013). Contudo, este objetivo só viria a ser alcançado na Guerra Argelina em 1815, com a vitória dos EUA sobre o povo da costa berbere. Apesar desta vitória, os ataques de pirataria só viriam a terminar por completo quando, em 1830, o povo de Alger foi conquistado pelos Franceses (Hassan & Hasan, 2017).

Também na Ásia, o fenómeno da pirataria foi sempre uma constante. Nesta região a pirataria começou a crescer durante a Dinastia Ming⁷ devido à política adotada da proibição do acesso mar. Esta proibição, imposta pelas autoridades, impedia o comércio marítimo, entre a China e as outras nações, causando assim grandes prejuízos aos navios mercantes e, consequentemente, a prática de atos de pirataria (Brook, 1998).

Com o aumento da pirataria no Mar do Sul da China, durante a Dinastia Qing⁸, tornou-se necessário tomar medidas. Uma das medidas implementadas pelo governo foi o perdão total e uma recompensa aos grupos de piratas que se entregassem e deixassem de praticar estes atos. No final do Séc. XIX, e com a ajuda dos Europeus, a China conseguiu reduzir em grande escala a pirataria no Mar Sul da China (Elleman et al., 2010).

⁴ Cidade no Norte da Argélia que era o centro dos piratas Bárbaros

⁵ Cidade do Nordeste da Tunísia

⁶ Cidade no Norte da Líbia e onde ocorreu a Primeira guerra entre Bárbaros e os EUA

⁷ Dinastia que governou a China de 1368 a 1644

⁸ Última Dinastia Imperial da China que decorreu desde 1644

No entanto, a “*Golden Age*” da pirataria decorreu entre 1620 e 1720. Esta época foi caracterizada pela permissão, que era concebida pelo governo através de uma declaração, para que os ataques piratas não fossem considerados um crime (carta de corso). Contudo, todos os bens roubados nestes ataques teriam que ser, obrigatoriamente, partilhados com o governo do país em questão (Soko, 2016). Para além disto, e aos olhos do documento acima referido, os homens deixariam de se chamar piratas e passariam a denominar-se corsários. Foram vários os países a aderir a este conceito, nomeadamente os Estados Unidos da América (EUA) que na sua Constituição de 1787 autorizava especificamente o uso destes documentos de forma a garantir que nenhum dos ataques fosse considerado crime e garantindo, consequentemente, que não haveria represálias para quem os praticasse. No entanto, houve países que não consentiam e puniam quem praticasse tais atos, nomeadamente Espanha, que continuou a executar estes corsários em praça pública, como forma de entretenimento, com os documentos pendurados no pescoço.

Para além dos EUA, foram inúmeras as nações a emitir as cartas de corso, como foi o caso de Inglaterra, durante o Reinado da Rainha Elizabeth I, onde ficaram conhecidos por “*SeaDogs*”. Para além destas duas nações, também a França e a China aderiram, ficando conhecidos como os “Corsários Franceses” destinados, maioritariamente, a atacar Ingleses e Alemães durante a “Guerra dos 9 Anos”⁹ e como os “Os Piratas Chineses” que executavam os seus ataques no Estreito de Malacca, Filipinas, Singapura e Malásia durante o Séc. XIX, respetivamente (Soko, 2016).

As leis que permitiam estes ataques por parte dos corsários só viriam a ser anuladas no “Tratado de Paris” a 16 de Abril de 1856, levando ao desuso dessa prática.

1.2 A Pirataria no Contexto Atual

A Pirataria apresenta recursos que outrora não existiam e embora o propósito se mantenha, o contexto em que estes ataques ocorrem mudaram significativamente. Tal se deve, maioritariamente, ao uso de armamento de fogo (AK47, RPG, etc), embarcações/navios de alta velocidade e estratégias utilizadas para aumentar a eficiência do roubo e, porventura, às motivações da própria pirataria.

⁹ Conflito entre França e Sacro Império Romano, República Holandesa, Inglaterra, Espanha e Portugal

Muitas das embarcações utilizadas atualmente permitem que, quer a aproximação, quer o afastamento ao navio alvo, seja feita de forma célere, evitando assim que algum tipo de ajuda chegue ao local (Soko, 2016). Após abandonarem o navio alvo, é recorrente raptarem membros da guarnição com o intuito de exigirem quantias significativas pelos mesmos. Quando esta é entregue a um navio cúmplice, os membros da guarnição raptados, são libertados. O estudo efetuado por (David et al., 2010), relativo ao Golfo de Áden, zona onde a pirataria é recorrente, estima que em 2010 o preço médio pago por resgate foi cerca de 4.6 milhões de euros, mais 58% que o verificado no ano anterior, sendo que com o aumento do valor de resgate há, consequentemente, um aumento do período de sequestro das guarnições, estando contabilizado 106 dias de sequestro entre abril e junho de 2010, por contraposição ao verificado no ano anterior, onde foram contabilizados apenas 55 dias.

Além dos resgates, a venda de carga roubada, nomeadamente, diesel, petróleo e gás são, de igual modo, um dos métodos mais utilizados uma vez que, *à priori* do roubo, os piratas já têm compradores destinados às cargas, estando estes, usualmente, ligados ao crime organizado em terra (Soko, 2016).

O risco que os navios correm de serem alvos de ataques de pirataria conduz as suas companhias a recorrerem a seguros como contra medidas a este tipo de ataques, sendo os prémios destes seguros maiores para navios que usem rotas que passam por zonas de alto risco (Bowden, 2010). Segundo este estudo, estima-se que sejam gastos, anualmente, cerca de 2.7 mil milhões de euros em prémios de seguro por parte das companhias de navios que utilizam o Golfo de Áden como rota de comércio.

Desde 2008, e com o intuito de ajudar o combate à pirataria no Golfo de Áden, foram executadas várias operações anti-pirataria, nomeadamente, a Operação Atalanta¹⁰, a Operação *Ocean Shield* e a *Combine Task Force* 151, perfazendo um total de 43 navios a operar no Golfo de Áden e no Oceano Índico (Bowden, 2010). Contudo, estas operações têm um custo associado que, segundo (Bowden, 2010), atinge cerca de 1.7 mil milhões de euros anualmente. Este estudo concluiu que, tendo em conta todos os fatores, como pedidos de resgate, seguros, utilização de novas rotas, equipamentos de

¹⁰ Operação que contribui para a dissuasão, a prevenção e a repressão dos atos de pirataria e dos assaltos à mão armada ao largo da costa da Somália. Conta com a participação de Portugal.

segurança, forças navais, julgamentos, organizações anti-pirataria e o impacto na economia, são gastos anualmente, entre 6 mil milhões e 10.2 mil milhões de euros.

Atualmente, o fenómeno da pirataria ocorre maioritariamente em três zonas: Sudeste da Ásia, derivado do fraco controlo marítimo existente nesta área, Golfo de Áden, resultante da Guerra Civil da Somália que se prolonga desde 1991 (Young, 2007) e Golfo da Guiné, devido à elevada taxa de desemprego (27% em 2020) e falta de meios económicos da Nigéria (Neethling, 2011). Para além destas zonas, o fenómeno é extensível a outras áreas do globo, embora com incidência menor.

1.3 Enquadramento Legal

A pirataria, conforme estabelece o artigo 101º da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), é definida como:

“a) Qualquer acto ilícito de violência ou de detenção ou qualquer acto de depredação cometidos, para fins privados, pela tripulação ou pelos passageiros de um navio ou de uma aeronave privados, e dirigidos contra:

i) Um navio ou uma aeronave em alto mar ou pessoas ou bens a bordo dos mesmos,

ii) um navio ou uma aeronave, pessoas ou bens em lugar não submetido à jurisdição de qualquer Estado;

b) Qualquer acto de participação voluntária na utilização de um navio ou de uma aeronave, quando aquele que o pratica tenha conhecimento de factos que dêem a esse navio ou a essa aeronave o carácter de navio ou aeronave pirata;

c) Qualquer acção que tenha por fim incitar ou ajudar intencionalmente a cometer um dos actos enunciados nas alíneas a) ou b).”

Contudo, para este enquadramento, os ataques de pirataria têm de ser praticados fora do Mar Territorial (MT), levando a que exista um conjunto diversificado das mesmas, diferindo de zona para zona (Dubner, 1997). Assim sendo, existe uma limitação às Forças Navais externas aos Estados Costeiros não lhes sendo possível

navegar dentro do limite do MT sem autorização prévia, prevenindo assim os ataques de pirataria por parte de falsas unidades navais, como é recorrente em países desfavorecidos.

Uma das estratégias da *International Maritime Organization (IMO)* para impedir o aumento da pirataria no mar, é através da colaboração entre Estados de modo que o combate à pirataria seja feito de forma eficaz. Exemplo disso é a “*Regional Cooperation Agreement on Combating Piracy and Armed Robbery against ship in Asia*” (ReCAAP), criada em 2016. Esta cooperação foi fundada com o intuito de prevenir a pirataria, punir quem pratica esse crime e salvar vítimas dos ataques bem como os navios em questão. Neste momento conta com 20 países, incluindo países da Europa, Austrália e EUA (ReCAAP).

1.3.1 Medidas de proteção

As medidas de proteção permitidas continuam a ser uma das preocupações da indústria marítima e dos governos, não existindo uma concordância, entre Estados, no que diz respeito ao que pode, ou não, ser utilizado, nomeadamente, a utilização de armas de fogo pela guarnição dos navios (Soko, 2016).

Embora alguns estados defendam que estas são essenciais e fulcrais para a diminuição dos ataques aos navios, como é o caso de Israel ou da Rússia, outros defendem que as armas despoletarão não só conflitos entre piratas e guarnições, como também aumentará o risco de acidentes a bordo dos navios, como é o caso da Noruega (Soko, 2016).

Com o aumento dos ataques de pirataria, são inúmeros os países que autorizam a presença de equipas de segurança a bordos dos seus navios. Esta autorização é concebida devido ao elevado treino que as equipas possuem, no que diz respeito ao manuseamento de armas de fogo. Contudo, esta possibilidade revelar-se-á um obstáculo para os países que a permitem, uma vez que certas nações não permitem o uso de armas de fogo na sua área de jurisdição.

Por forma a evitar o uso de armamento de fogo, a União Europeia (UE), a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e o *International Maritime Bureau*

(IMB) publicaram o um livro “*Best Management Practices to Deter Piracy and Enhance Maritime Security in the Red Sea, Gulf of Aden, Indian Ocean and Arabian Sea*” (BMP5)(BIMCO et al., 2018). Este contém um capítulo sobre “Medidas de Proteção”, medidas estas que devem ser tidas em conta para precaver um possível ataque pirata, nomeadamente, manobras evasivas, uso de alarmes, jatos de água (Figura 1), arame farpado (Figura 2), reforço das entradas para a ponte (Figura 3) e Cidadela¹¹.



Figura 1 - Navio com Jato de Água



Figura 2 - Navio com Arame Farpado



Figura 3 - Reforço das entradas para a ponte

¹¹ Compartimento do navio que serve de abrigo à guarnição. Deve ter no seu interior mantimentos, comunicações e condições de higiene para quem se abrigar durante um ataque de pirataria.

Além das medidas de proteção, também é sugerido quais as rotas que deverão de ser praticadas e as medidas que deverão de ser adotadas, consoante o crime que esteja a ocorrer, como por exemplo *Hijack*, Sequestro ou Roubo.

1.4 Abordagens de Análise

O elevado número de casos de pirataria que se tem registado ao longo dos anos, faz com que seja necessário o desenvolvimento de métodos de modo a tentar combater estas ameaças e consequentemente, auxiliar na execução de contra medidas com a maior antecedência possível.

Face a esta necessidade, um dos métodos desenvolvidos foi a criação de sistemas de detenção inimiga, recorrendo a Redes Neurais. Estes sistemas, recorrem a um conjunto de dados, previamente conhecidos, que, conectados com outro sistema computacional, fornecem informação sobre o que se encontra a decorrer, de modo que a guarnição de um certo navio-alvo tome as medidas adequadas. Um exemplo deste sistema foi abordado na “14th *HCII: International Conference on Human-Computer Interaction*” (Schmorrow & Fidopiastis, 2020). Nesta conferência, o sistema abordado envolvia redes neurais convencionais, computação com palavras (CCP), ou seja, o sistema não se limitaria a utilizar apenas código binário, mas também previa a interação humana por forma a informar o navio caso estivesse suscetível a um possível ataque pirata e, nessa situação, qual o rumo da embarcação inimiga. Para garantir o funcionamento do sistema, é fulcral que um conjunto de câmaras de vigilância do navio alimente um conjunto de redes neurais, sendo que estas, com base no reconhecimento das ações executadas pelo objeto capturado pelas câmaras, caracterizam-no com base em sete grupos:

- **Velocidade;**
- **Posição** – Caso o objeto permaneça no mesmo lugar ou se mova lentamente numa mesma área;
- **Formação de Grupo** – Caso o objeto se aproxime e mantenha a posição;
- **Separação de Grupo** – Caso o objeto se afaste;
- **Circulação** – Caso o objeto apareça em mais do que uma câmara e de diferentes bordos;

- **Alteração de Rumo** – Caso o rumo seja alterado de forma brusca

Posteriormente, é efetuada uma análise de risco com base na informação proveniente das redes neuronais referente, não só aos grupos apresentados anteriormente e ao rumo a que a embarcação seguia, como também se esta ainda se encontrava visível (ST) ou se deixou de ser capturada pelas câmaras (INV). Por fim, a informação da análise de risco proveniente das redes neuronais é classificada pela CCP como:

- **Nenhum inimigo** – Se a atual leitura e as anteriores provenientes das redes neuronais são classificadas como “INV”, ou seja é considerado que não existe embarcações inimigas por perto;
- **A Observar** – Caso a informação proveniente das redes neuronais considere que a embarcação inimiga esteja na zona “D” e possa ser considerada uma ameaça;
- **Inspecionar** - Caso a informação proveniente das redes neuronais considere que a embarcação inimiga esteja na zona “C”, e necessite um elevado nível de monitorização
- **Suspeito** - Caso a informação proveniente das redes neuronais considere que a embarcação inimiga esteja na zona “B”, e haja possibilidade de cruzar para a zona “A”, sendo considerada uma ameaça;
- **Alarme** – Caso a informação proveniente das redes neuronais considere que a embarcação inimiga esteja na zona “A” e esteja a circular o navio. O alarme por parte da guarnição deve ser imediatamente emitido para as entidades competentes.

Apesar deste sistema ser proveitoso no que concerne à identificação de uma ameaça e permitir um aviso antecipado para a tomada de ações prévias, ainda se encontra em desenvolvimento (Tešić et al., 2020).

Tal como o sistema apresentado anteriormente, também na “*10th Scandinavian Conference on Artificial Intelligence*” foi abordado um sistema de apoio à decisão com o propósito de prever possíveis ataques de pirataria, utilizando *Self-Organizing Maps* (SOM's) (Riveiro et al., 2008). Neste sistema foi desenvolvido um detetor de anomalias,

recorrendo ao SOM, de forma a criar um panorama que seja considerado como normal, através de dados de treinos, *inputs*, como por exemplo o rumo e a velocidade que, posteriormente, fornecerão *outputs* que terão como objetivo classificar e representar o mesmo. De seguida recorrendo aos Modelos de Mistura Gaussiana ¹²(MMG) e ao Teorema de Bayes¹³ e com base nos agrupamentos fornecidos pelo SOM, será calculada a probabilidade do contacto ser considerado normal. Posteriormente o utilizador decidirá qual o limite de probabilidade abaixo do qual considerar-se-á como “Comportamento Anormal” para que o sistema alerte o mesmo para um possível perigo.

Recorrendo a redes bayesianas, foi realizado um estudo referente à zona do Golfo de Áden com o objetivo de desenvolver um suporte eletrónico de apoio aos navios que, com base em informação fornecida às redes bayesianas, caracterizaria as ações tomadas por navios que se encontrassem na sua periferia como hostis, ou seja, possível navio pirata (Pilato et al., 2012). O principal objetivo do estudo é garantir um aviso antecipado aos navios que utilizam rotas que passam em zonas em que os casos de pirataria são recorrentes, neste caso, o Golfo de Áden, e em áreas onde nem sempre é garantida uma resposta atempada por parte dos meios militares. Este sistema foi testado em simulador e utilizando um cenário complexo, tendo sido obtidos resultados bastante positivos.

Com o mesmo intuito, foi proposto o uso de redes bayesianas para, através das características das ameaças, as medidas de segurança existentes e as condições meteorológicas do meio envolvente, identificar apropriadas medidas de segurança a tomar, face a um possível ataque de pirataria (Bouejla et al., 2014). Contudo, este estudo foca-se apenas em alvos estáticos, nomeadamente plataformas *offshore*, pelo que não pode ser implementado em alvos móveis.

Recorrendo às redes bayesianas e por forma a efetuar uma avaliação de risco no mar, este estudo tem em conta vários fatores referentes aos navios de modo a permitir identificar os quais os que têm um maior impacto na avaliação de risco e, tendo isto por base, fornecer informação às companhias dos navios sobre bons costumes que devam utilizar, de modo a prolongar o tempo de utilização dos mesmos. Os resultados deste

¹² Métodos de agrupamento que identificam padrões existentes num conjunto de dados

¹³ Teorema que descreve a probabilidade de um evento baseado num conhecimento *à priori* que pode estar relacionado com o evento

estudo possibilitam não só uma melhor compreensão sobre os indicadores de avaliação de risco, bem como as relações entre eles (Li et al., 2014).

Também recorrendo às redes bayesianas foi realizado um estudo sobre a pirataria no Sudeste da Ásia (Jiang & Lu, 2020). Neste estudo, as redes bayesianas foram utilizadas com o intuito de analisar os casos de pirataria no Sudeste Asiático e, conseqüentemente, descobrir não só os fatores que têm maior influência nestes atos, como também prever a possibilidade de um navio ser alvo de *hijack*, tendo como base acontecimentos ocorridos anteriormente, as características dos navios-alvo, as condições meteorológicas e as medidas de defesa usadas pelo navio.

Ao avaliar estes trabalhos existem dois pontos que podem ser realçados. Em primeiro lugar, as redes bayesianas são bastante utilizadas como base de estudos que têm como objetivo prioritário identificar fatores determinantes aos casos de pirataria e riscos no mar, uma vez que estas redes conseguem assumir todas as combinações existentes entre os parâmetros utilizados, garantindo também uma atualização dos dados das redes (Li et al., 2014). O outro ponto, também abrangente a todos estes estudos, é a necessidade de uma base de dados bem constituída, uma vez que as redes bayesianas fornecem informação mais fidedigna, consoante a dimensão de dados fornecidos à mesma. No entanto, a informação necessária nem sempre é de fácil acesso, sendo esta a principal limitação dos estudos que recorrem a este tipo de redes (Li et al., 2014).

Capítulo 2

2. Material e Métodos

2.1 Fonte de Dados

Para a prossecução do presente estudo, tornou-se necessário a construção de uma base de dados (BD) que permita a análise do fenómeno da pirataria. Deste modo, foi solicitado ao CADOP os dados existentes relativos aos casos de pirataria ocorridos durante o Séc. XXI. Os dados fornecidos estavam compreendidos entre 2008 e 2020 sendo que estes dados eram maioritariamente referentes às áreas do GoA e GoG. Para completar a BD também foram extraídos os dados disponibilizados pela *IMO*, sendo que estes apesar de abrangerem um menor período (2010-2020), apresentavam dados relativos a todas as áreas.

Assim, e tendo por base os dados fornecidos pelo CADOP complementados com os dados da *IMO*, foi efetuada uma compilação integral relativa ao período entre 2008 e 2020.

2.2 Formato da BD

Para facilidade de análise e tendo em consideração os requisitos foi adotado um esquema de tabela simples, com os eventos de pirataria descritos pelas diversas colunas de uma tabela *Excel*. De referir que os dados fornecidos pelo CADOP encontravam-se num formato Excel, facilitando o processamento dos mesmos, tornando-se somente necessário efetuar o preenchimento dos campos cujas variáveis estavam em branco, com a informação proveniente do campo “Resumo”. Por outro lado, os dados fornecidos pela *IMO* encontravam-se no formato PDF pelo que foi necessário proceder à respetiva importação.

2.3 Seleção de Variáveis

Como referido anteriormente, o fenómeno da pirataria é caracterizado pela localização onde ocorreu o incidente, o tipo de navio-alvo, descrição do ataque e quais as medidas de segurança tomadas pelo navio.

De forma a caracterizar a localização do incidente, não só no espaço físico como também em tempo, a base de dados foi definida com as seguintes variáveis e respetivas transformações:

- **Ano** – Ano da ocorrência do evento de pirataria no formato AAAA;
- **Data** – Dia, mês e ano em que se verificou o evento, no formato dd/mm/aaaa;
- **Hora UTC** – Nesta variável todas as horas fornecidas em hora local foram transformadas em hora Universal;
- **Período** – Noturno ou Diurno, tendo em conta a hora local;
- **Área** – Todos os eventos foram classificados de acordo com a seguinte categoria de área:
 - Mar da Arábia (MA);
 - Estreito de Malacca (EM);
 - Golfo de Áden (GoA);
 - Golfo da Guiné (GoG);
 - Mar Mediterrâneo (MM);
 - Oceano Índico (OI);
 - Golfo Pérsico (GP);
 - América Central (ASC);
 - América do Sul Pacífico (ASP);
 - América do Sul Atlântico (ASA);
 - Mar Sul da China (MSC);
 - Mar Amarelo (MAm);

- **Posição Geográfica** - A posição geográfica é descrita por duas variáveis, latitude e longitude. De modo a georreferenciar todos os eventos de pirataria, houve a necessidade de transformar estas variáveis em coordenadas decimais, uma vez que se apresentavam todas no formato de graus, minutos e segundos. Para esta transformação recorreu-se à seguinte equação:

$$LAT(Dec) = Graus + \frac{Minutos}{60} + \frac{Segundos}{3600} \quad (1)$$

- **Estado Costeiro** – País que detém a responsabilidade sobre o local do ataque;
- **Área de Navegação** – Área Portuária, que representa os canais para a zona portuária e a própria zona portuária, Mar Territorial, que se estende até às 12MN (Art 3º CNUDM) e Águas Internacionais, que representa as águas que se estendem para lá das 12NM;

Para a descrição do Navio-Alvo, as variáveis utilizadas foram as seguintes:

- **Nome do Navio**¹⁴
- **Tipo Navio** – Os tipos de navio existentes neste estudo bem como a descrição de cada um estão representados no Apêndice A
- **Bandeira** – Referente ao país ao qual o navio pertence;
- **Estado do Navio** – Representa o estado do navio alvo no momento do ataque. Atracado, Fundeado ou a Navegar;
- **Distância a Costa** – Distância mínima à costa. Como a maior parte dos eventos não apresentava a distância a costa, esta variável foi calculada com base na posição geográfica utilizando as coordenadas decimais e com recurso ao *software Google Earth*;

¹⁴Há registos onde o nome do navio está como “NAME WITHHELD”, uma vez que a companhia do mesmo não o quer revelar;

Relativamente à classificação do ataque divide-se em:

- **Classificação do Ataque** – caracteriza se o ataque foi ou não conseguido, caso tenha sido, evidencia o que ocorreu (Danos ao navio, *Hijack*, Rapto, Sequestro, Roubo, Homicídio);
- **Número de Criminosos;**
- **Armamento** - “Armamento de fogo”, “Granadas/RPG”, “Armas Brancas”, “Outro”, “Desconhecido” e “Não Armado”;
- ***Hijack*** – Esta variável caracteriza se o navio que foi alvo do ataque foi sequestrado, ou seja, se os piratas tomaram conta do navio e o levaram para uma posição por eles escolhida. É classificada como sim “S” ou não “N”;
- **Sequestro** – Evidencia se houve membros do navio que foram tidos como reféns dentro do próprio navio. É classificada como sim “S” ou não “N”;
- **Número de Sequestrados;**
- **Rapto** – Contrariamente à variável “Sequestro”, esta variável esclarece se os membros do navio foram levados para outro navio ou para outra localização involuntariamente. É classificada como sim “S” ou não “N”;
- **Número de Raptados;**
- **Feridos** – Esta variável representa se os elementos do navio sofreram alguma lesão de tal modo que necessitem de cuidados médicos. É classificada como sim “S”, ou não “N”;
- **Número de Feridos;**
- **Mortos** – Representa se houve algum homicídio derivado o ataque. É classificado como sim “S” ou não “N”;
- **Número de Mortos;**

- **Valores Roubados** – Sim “S” ou Não “N”, esta variável é considerada “S” quando em caso de roubo, o material furtado é do navio e não a mercadoria que está a ser transportada, (Ex. Cabos de Amarração);
- **Carga Roubada** – Sim “S” ou Não “N”, é oposta à variável anterior, ou seja, é considerada “S” quando o roubo incide sobre a mercadoria. Caso sejam roubados valores e a carga do navio, ambas as variáveis serão consideradas como “S”;

Por fim, e de modo a caracterizar as medidas de segurança adotadas, as variáveis utilizadas vão de encontro ao que é sugerido no capítulo 1.3.1, referentes à publicação BPM5:

- **Alarme** – Sim “S” ou Não “N”, sendo que este só foi considerado como “S” quando é acionado antes ou durante o ataque. Caso seja acionado após os piratas saírem de bordo é considerado como “N”;
- **Ajuda Autoridades** – Sim “S” ou Não “N”, esta variável era considerado “S” quando ajuda externa ao navio, policial ou naval, ajudasse a evitar o ataque ou conseguisse capturar quem cometeu o crime e devolver o que tinha sido roubado;
- **Equipa de Segurança** – Sim “S” ou Não “N”, representativa da existência de uma equipa de segurança a bordo
- **Cidadela** – Sim “S” ou Não “N”, caso se fizesse uso da mesma era considerada “S”. Por outro lado, caso a guarnição se abrigasse quer na ponte, na casa das máquinas ou cobertas seria considerada “N”.
- **Manobra Evasiva** – Sim “S” ou Não “N”, caso o navio realizasse qualquer tipo de manobra, com o intuito de dificultar a abordagem ao navio por parte dos piratas, considera-se “S”.

Há duas as variáveis que não foram tidas em consideração para o presente estudo, designadamente o “Resumo” e as “Observações”. Contudo, ambas darão informações

sobre os casos apresentados. Enquanto a variável “Resumo” consistirá na descrição do incidente, a variável “Observações” irá referir informações, como por exemplo, o tempo em que as guarnições tiveram sequestradas e o tempo até as companhias dos navios pagarem os resgates.

2.4 Redes Neurais

As redes neurais consistem numa abordagem computacional inspirada no cérebro humano, por forma a replicar as ações praticadas pelo mesmo, permitindo obter ferramentas de previsão e análise de padrões de grande eficácia. Distinto do processamento de dados convencional, as redes neurais, bem como o cérebro humano, processam as informações em paralelo. Regra geral, estas redes são formadas por uma camada de neurónios de entrada, camadas de neurónios ocultas e uma camada de neurónios de saída (Figura 4). (Wang, 2003)

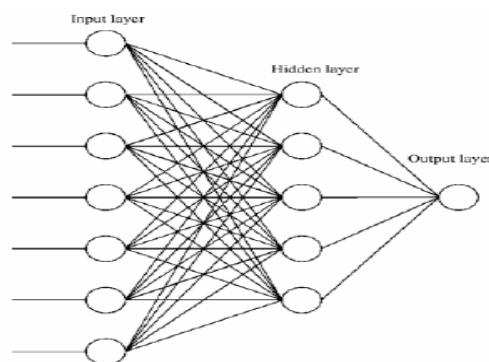


Figura 4 - Arquitetura Rede Neuronal

2.4.1 Funcionamento das Redes Neurais

Na generalidade das redes neurais mais utilizadas, cada neurónio recebe informação de um sinal de entrada (*inputs*) ou de outros neurónios existentes. Este sinal será processado por uma função de ativação que, posteriormente, fornecerá informação a outros neurónios ou fornecerá o utilizador com um sinal de saída. Posto isto, este modelo computacional está apto a aprender, a partir de exemplos fornecidos, e a realizar uma aprendizagem automática através do reconhecimento de padrões (Zhang et al., 1998).

Como referido anteriormente, as redes neuronais tendem a aproximar-se do comportamento do cérebro pelo que esta se baseia em dois aspetos (Haykin, 1999), o conhecimento adquirido, através do processo de aprendizagem, e o armazenamento e passagem do mesmo, entre as conexões ou ligações existentes entre neurónios. Durante todo o procedimento é possível atribuir diferentes pesos a essas conexões, por forma a atingir o objetivo pretendido. Comparativamente com outras ferramentas, as redes neuronais produzem modelos que se destacam pelas seguintes vantagens (Haykin, 1999):

- **Não-Linearidade** – Um neurónio pode representar informação linear ou não linear, o que representa uma propriedade de grande importância dado que existem muitos problemas reais que são de natureza não linear;
- **Mapeamento *Input-Output*** – Tendo em conta o conjunto de entrada (*inputs*) e o respetivo conjunto de saída (*outputs*), a rede assume-os como uma entrada única, bem como uma resposta desejada. A rede ao utilizar um exemplo desse conjunto de entrada ajusta o peso das conexões entre os neurónios, por forma a que a diferença entre a resposta desejada e o conjunto de saída seja mínima. Todo o processo de aprendizagem, descrito anteriormente, será repetido até que a rede considere que a diferença entre ambos já não é significativa;
- **Adaptabilidade** – As redes neuronais têm a capacidade de adaptar o peso das suas conexões às mudanças do ambiente evolvente, mesmo que esteja treinada para operar num ambiente que a informação varie com o tempo;
- **Grau de confiança** – Num contexto de classificação de padrões, a rede neuronal fornece, não só informações sobre o mesmo, como também o grau de confiança na sua decisão;
- **Tolerância ao erro** – Regra geral, uma rede neuronal está mais apta a tolerar erros nos dados, sendo capaz de realizar processos computacionais robustos.

2.4.2 Aprendizagem das Redes Neurais

Como referido anteriormente, as redes neurais estão aptas a aprender a partir do seu ambiente, sendo esta aprendizagem executada através do algoritmo de aprendizagem¹⁵ e baseada em três pontos (Haykin, 1999):

- Estimulação da rede neuronal por parte de um dado ambiente;
- Alteração dos parâmetros livres, geralmente os pesos das conexões, face a este estímulo;
- Nova resposta da rede neuronal como resultado das alterações que decorreram;

De uma forma geral, existem três paradigmas fundamentais na aprendizagem sobre os quais as redes neurais podem funcionar (Cortez & Neves, 2000):

- **Aprendizagem Supervisionada** – Trata-se de uma aprendizagem que envolve um “professor”, ou seja, são fornecidas respostas corretas à rede. Esta aprende a partir de um conjunto de Padrões (P), onde cada padrão (p), também denominado de conjunto de treino, é composto por um vetor de entrada (x^p) e por um vetor de saída (s^p). Neste processo, realiza-se uma comparação entre o valor desejado (t^p) e o valor de saída da rede, onde se calcula um erro ($e^p = t^p - y^p$, com Θ a ser a função de erro). Sendo assim, o erro calculado será usado para reajustar os pesos das ligações da rede, com objetivo de o reduzir. O processo de aprendizagem termina quando o valor é reduzido até serem obtidos valores aceitáveis;
- **De Reforço** – Apesar de neste tipo de aprendizagem também se considerar que existe um “professor”, ao contrário do paradigma anterior, aqui a resposta correta não será apresentada na rede. A única informação fornecida será se a resposta apresentada pela rede é correta ou errada. Com base nessa informação a rede voltará a fazer um ajuste nos parâmetros livres, por forma a melhorar a sua eficácia;
- **Não supervisionada** – Distinta dos paradigmas anteriormente referidos, uma vez que não é fornecida indicação sobre a resposta correta, a aprendizagem

¹⁵ Subcampo da Engenharia e da ciência da computação que evoluiu do estudo de reconhecimento de padrões e da aprendizagem computacional

resulta da descoberta de características nos dados de entrada e, consequentemente, adaptar-se às regularidades estatísticas ou agrupamentos de padrões (clusters) dos exemplos de treinos. Exemplo deste tipo de aprendizagem são as Redes de *Kohonen*, também conhecidas como *SOM*.

2.5 *Self-Organizing Maps (SOM)*

O *SOM* é um método de análise de dados que é aplicado a problemas de agrupamentos, segmentação e análise exploratória de dados. Usualmente, o algoritmo do *SOM* efetua sucessivas iterações até que os vetores de referência associados aos nós de uma rede, representem na medida do possível, os padrões de entrada mais próximos desses nós (quantização vetorial). Durante este processo de otimização, o algoritmo do *SOM* estabelece uma relação não-linear entre os dados de entrada (*inputs*) e os dados de saída (*outputs*). Posteriormente cada amostra do conjunto de dados é mapeada para um dos nós da rede (projeção vetorial) (Kohonen, 1998).

O *SOM* é caracterizado pelo facto que, durante o processo de aprendizagem, tenta garantir uma ordem topológica das suas unidades, de modo a exibir uma estrutura de agrupamentos (Kaski et al., 1999) o que permite uma análise visual da proximidade dos mesmos (Skupin & Agarwal, 2008). Se os dados pertencerem a determinadas classes predeterminadas, os modelos e os nós, podem ser calibrados de acordo com essas classes. Um *input* desconhecido é então classificado de acordo com esse nó, baseado no modelo que é mais semelhante a ele com base na métrica usada na construção do *SOM* (Kohonen, 1998).

2.5.1 Algoritmo *SOM*

O algoritmo do *SOM* pode ser descrito segundo (Kohonen, 1990)(Kohonen, 1998)(Kohonen, 2001):

Considerando um conjunto χ de m padrões de dados, denominados de padrões de treino, definidos com n dimensões, variáveis:

$$\mathcal{X} = \{x_j : j = 1, 2, \dots, m\} \subset \mathbb{R}^n \quad (2)$$

Onde:

$$x_j = [x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jn}]^T \in \mathbb{R}^n \quad (3)$$

Cada nó da rede é definido nos *inputs* (\mathbb{R}^n) e nos *outputs* do *SOM*. O nó i é representado nos *inputs* por um vetor de referência m_i e por um vetor de localização r_i definido nos *outputs* da grelha de mapas com p dimensões.

$$m_i = [m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{in}]^T \in \mathbb{R}^n$$

$$r_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip}]^T \in \mathbb{R}^p \quad (4)$$

Durante o processo de treino, cada *input* x_j é sequencialmente apresentado à rede e comparado com os vetores de referência m_i . O nó c , representado nos *inputs* pelos vetores de referência m_c , que está mais próximo do vetor x_j , é depois definido como a *Best Matching Unit (BMU)* para um determinado padrão de *inputs*:

$$c = \arg \min_i \{d(x_j, m_i)\} \quad (5)$$

Onde $d(x_j, m_i)$ é a distância euclidiana entre dois vetores correspondentes aos *inputs*.

Após obter a *BMU*, a rede irá começar a atualizar o padrão de entrada x_j , aproximando-se do m_c e de alguns dos vetores de referência na sua vizinhança. Este processo de aprendizagem termina quando um predeterminado número de ciclos de treino é atingido ou outro critério de paragem é encontrado.

2.5.2 *SOM* aplicado em Dados Categóricos e Dados Binários

Uma abordagem típica no processamento de dados categóricos na utilização do *SOM*, é a codificação binária, na qual os dados categóricos são transformados em dados binários, no entanto, esta abordagem apresenta alguns inconvenientes nomeadamente uma maior dimensão da base de dados relativamente à anterior, dificuldade em manter a

relação entre os atributos, e principalmente não conserva a semelhança existente nos dados categóricos, o que faz com que o *SOM* seja incapaz de fornecer uma ordem topológica correta (Hsu, 2006).

De modo a mitigar os inconvenientes referidos, (Hsu, 2006) realizou um estudo onde recorre à hierarquia de distâncias para obter a distância entre os dados categóricos, à hierarquia de conceitos e ao peso das ligações.

Inicialmente a hierarquia de distâncias é utilizada para facilitar a representação e computação das distâncias entre os dados categóricos. A hierarquia de conceito é composta por nós e ligações, onde os nós que estão mais a cima na hierarquia representam conceitos mais gerais enquanto que os que se encontram mais a baixo representam conceitos mais específicos, cada ligação entre nós representa a distância entre os dados. Relativamente ao peso das ligações é determinado pelo operador. Apesar de existir várias maneiras de o fazer, as mais comuns é atribuir o mesmo peso a todas as ligações, ou atribuir maior peso às ligações próximas da origem e menor peso consoante a distância.

A distância entre dois pontos na hierarquia de distâncias é igual ao peso total entre eles. Considerando $X = (N_x, D_x)$ e $Y = (N_y, D_y)$, a distância entre estes pontos é definida por:

$$|X - Y| = d_x + d_y - 2d_{LCP(X,Y)} \quad (6)$$

Onde $2d_{LCP(X,Y)}$ é a distância entre a origem e o último ponto comum entre X e Y.

A distância entre os padrões é definida de acordo com o mapeamento de pontos associados à hierarquia de distâncias. Considerando dois padrões com n -dimensões tal que $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ e $y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ e a hierarquia de distância associada seja $[dh_1, dh_2, \dots, dh_n]$, a distância entre x e y é definida por:

$$\begin{aligned}
d_L(x, y) &= \left(\sum_{i=1, n} w_i (x_i - y_i)^L \right)^{\frac{1}{L}} \\
&= \left(\sum_{i=1, n} w_i |dh_i(x_i) - dh_i(y_i)|^L \right)^{\frac{1}{L}}
\end{aligned} \tag{7}$$

Onde $dh_i(x_i)$ e $dh_i(y_i)$ correspondem ao mapeamento do x_i e y_i referentes ao dh_i .

O valor w_i é o que permite ao operador dar o peso que quiser consoante o atributo. O L é uma constante inteira o que faz com que possa alterar a métrica usada, caso $L=1$ a métrica é igual à distância de Manhattan enquanto que se $L=2$ a métrica é igual à distância euclidiana. Tal como no *SOM* convencional, este método baseia-se em dois pontos fulcrais, determinar a *BMU* e de seguida atualizar o mesmo bem como todas as unidades à volta.

Este estudo contribuiu para a generalização do *SOM* de modo a permitir que consiga lidar com dados categóricos sem uma necessária transformação dos mesmos.

Capítulo 3

3. Utilização do *SOM* para a análise exploratória

3.1 Parametrização do *SOM*

O *SOM*, conforme descrito no capítulo anterior, é um algoritmo fortemente dependente da escolha de parâmetros iniciais utilizados. Neste estudo, e considerando a existência de inúmeros fatores que podem afetar o resultado final, irá ser dado maior ênfase ao tamanho do mapa, à dimensão do espaço de *output*, à forma de inicialização e à função da vizinhança escolhida.

3.1.1 Tamanho do Mapa

O tamanho do mapa é definido pelo número de neurónios que é definido no espaço *output* do *SOM* e existem três tipos de mapas que são usados mais frequentemente.

Um dos métodos consiste num *SOM* onde o número de neurónios é superior ao número de padrões de *input*, de modo a obter um *SOM* de grandes dimensões, este mapa tem como objetivo visualizar a estrutura dos dados uma vez que quando se opta por um número de neurónios superior ao número de padrões de *input* são obtidas Matrizes-U grandes, o que permite identificar as distâncias entre padrões (Ultsch & Siemon, 1990).

Outro método e também o mais comum, consiste na construção de um *SOM* definido por um número de unidades inferior aos padrões de *input*, mas ainda assim significativamente maior do que os agrupamentos esperados, de modo a permitir que cada agrupamento de dados represente várias unidades do *SOM* (Kohonen, 2001).

Por último outra possibilidade é definir o espaço de *output* com apenas uma unidade por agrupamento esperado, resultando num mapa de pequeno tamanho (Bação et al., 2004). Estes mapas são utilizados quando o objetivo é apenas o agrupamento de dados, desprezando a estrutura do mapa.

3.1.2 Dimensão do Espaço de *Output*

Como foi referido, a dimensão do espaço de *output* deve estar relacionada com a dimensão do espaço de *input*. Apesar dos desenvolvimentos nesta área, a escolha da dimensão mais acertada, ainda é um problema por resolver (Bação et al., 2008).

No entanto e como em outras ferramentas de projeção, a um aumento do número de dimensões do espaço de *output*, é expectável corresponder um aumento da informação contida no mapa. (J. Gorricha, 2015)

3.1.3 Algoritmo de inicialização

Segundo (Kohonen, 2001), qualquer que seja o processo de inicialização do SOM, este tende sempre a convergir para um mapa ordenado. No entanto, a inicialização do algoritmo representa um dos fatores mais importante no SOM, uma vez que as posições iniciais dos vetores de referência estão associados às unidades do SOM podem ter um papel decisivo no resultado (Lobo, 2009).

Quando é utilizada uma inicialização aleatória, é necessário ter em conta que existe uma forte possibilidade que o mapa gerado, pode não ser o que apresenta o melhor ajustamento. Para colmatar essa possibilidade, (Kohonen, 2001) sugere que uma boa estratégia será executar um elevado número de iterações com a inicialização aleatória e escolher o melhor mapa com base em critérios definidos pelo utilizador.

Para além disto, também pode ser útil executar primeiramente o SOM com uma inicialização linear, para posteriormente ter um meio de comparação com o mapa gerado pelo mesmo com uma inicialização aleatória (J. Gorricha, 2009).

3.1.4 Função de Vizinhaça

A função de vizinhaça determina o quão forte é a ligação entre os neurónios e é responsável pela ordem topológica do mapa (Lobo, 2009), assim sendo irá influenciar os resultados que serão obtidos através do algoritmo do *SOM*, o que torna necessário a escolha de uma função vizinhaça apropriada (Natita et al., 2016).

No *SOM toolbox* do *Matlab*, é possível optar entre quatro opções para a escolha da função vizinhança, “*gaussian*”, “*cutgauss*”, “*ep*”, “*bubble*” (Figura 5) sendo que as mais comuns são a “*gaussian*”(9) e a “*bubble*” (10).

$$h_{ij}^c = \alpha(t) \cdot e^{\left(\frac{-|R_c - R_{ij}|^2}{2(n_{ij}^c(t))^2}\right)} \quad (9)$$

$$h_{ij}^c = \begin{cases} \alpha(t), & (i, j) \in N_c \\ 0, & (i, j) \notin N_c \end{cases} \quad (10)$$

Nesta função, N_c é o conjunto de nós vizinhos aos nós com índice c . O parâmetro n_{ij}^c representa a classificação entre os nós w_c e w_{ij} que é utilizado para determinar o tamanho da vizinhança do algoritmo do *SOM*. O numerador $(R_c - R_{ij})$ representa a distância entre as unidades no mapa.

Relativamente à função “*gaussian*” esta apresenta uma maior fiabilidade, uma vez que com diferentes inicializações, esta tende a fornecer mapas semelhantes. A função “*bubble*” apresenta menores erros de quantização (EQ) (Lobo, 2009). Neste estudo iremos utilizar a função “*gaussian*”.

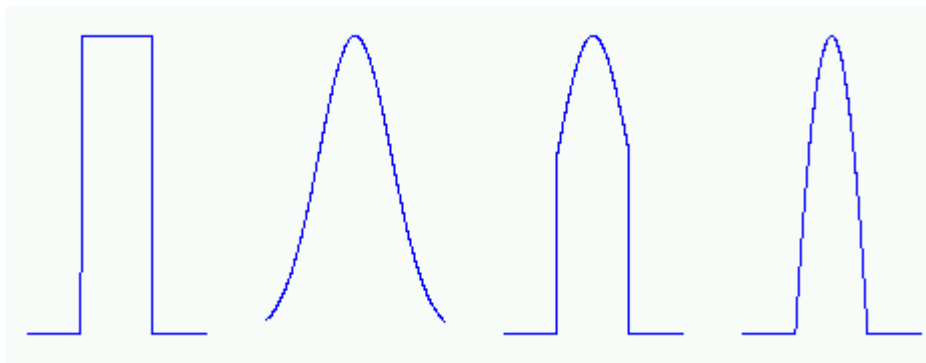


Figura 5– As quatro funções de vizinhança, "bubble", "gaussian", "cutgauss" e "ep"

Fonte: (SOM Toolbox: Implementation of the Algorithm, n.d.)

3.2 Avaliação da Qualidade do SOM

O SOM é um algoritmo que depende dos parâmetros iniciais e que têm influência na qualidade do modelo. O SOM apresenta um vetor de quantização (VQ) e um vetor de projeção (VP), sendo que a qualidade do modelo é avaliada através da medição contínua da qualidade do mapeamento e da resolução do mapa (Kiviluoto, 1996).

O erro de quantização que está relacionado com o VQ, é possivelmente a medida mais importante no que diz respeito à avaliação da resolução do mapa. Este erro, é uma medida de distorção, que normalmente é calculada pela distância euclidiana média entre m padrões de *input* de χ e o vetor de referência m_c associado às *BMU*. (Kohonen, 2001)

Por outro lado, mas igualmente importante, importa salientar que, dependendo do espaço de *output*, o SOM pode apresentar dificuldades no mapeamento de dados de grandes dimensões e consequentemente o aumento do Erro Topológico (ET). (Kiviluoto, 1996), conduzindo a fortes distorções nos resultados

O ET mede a perseveração e a continuidade do mapeamento, evidenciando como os vetores, associados aos padrões de treino, que estão próximos no espaço de *input*, mantêm essa proximidade no espaço de *output*, ou seja, este erro baseia-se na qualidade de projeção que é obtida e definida pela proporção de todos os vetores de dados onde a *BMU* e a segunda *BMU* não são unidades adjacentes (Kiviluoto, 1996).

Finalmente importa referir que é difícil obter um modelo onde ambos os erros sejam baixos, uma vez que, nalguns casos se verifica um ajustamento exagerado do modelo aos dados, gerando modelos com EQ baixo mas onde a topologia não é respeitada, levando assim a um aumento do ET (J. Gorricha, 2015). O equilíbrio destes dois erros será sempre um fator a considerar na escolha dos melhores modelos.

De modo a garantir que o modelo escolhido para a representação dos dados é feita com base num bom modelo, foram guardados todos os valores do EQ e do ET obtido em cada uma das iterações, de modo a poder escolher o modelo que apresentaria melhores valores para estes erros. Deste modo, no presente estudo, a escolha do modelo a utilizar é baseado num valor do ET abaixo da média e que esteja associado a um baixo valor do EQ.

3.3 Métodos de Visualização de Dados no SOM

Existem vários métodos de visualização de dados no *SOM* tendo em conta o vetor de quantização e o vetor de projeção, no entanto, os métodos mais efetivos são os que apresentam informação não só sobre o espaço de *output* mas como também sobre os espaço de *input* (J. Gorricha, 2015). Para isso, irão ser abordadas duas técnicas utilizadas na visualização do *SOM* que consistem na adaptação do espaço de *output* do *SOM* e na combinação do mesmo com informação complementar, conforme proposto pelo mesmo autor.

3.3.1 Adaptação do Espaço de *Output* do SOM

Apesar do espaço de *output* do *SOM* tentar preservar a topologia dos dados do espaço de *input*, estes não apresentam apropriadamente os agrupamentos existentes (Ultsch & Siemon, 1990).

Uma das abordagens propostas, consiste em gerar uma distorção no espaço de *output* de modo a obter uma melhor visualização dos dados, uma vez que quando o objetivo é detetar agrupamentos, não existe interesse em preservar todas as distâncias entre os nós da rede mas sim obter uma projeção que permita visualizar os agrupamentos.

Um exemplo desta abordagem, consiste em atribuir cores às unidades da rede que apresentam semelhanças (Kaski & Kohonen, 1998). Esta abordagem consiste na projeção das unidades com cores atribuídas no espaço de *output*, que posteriormente ao explorar as semelhanças e as diferenças existentes entre as unidades da rede se consiga encontrar agrupamentos.

Como as unidades do *SOM* estão associadas a vetores de referência com a mesma dimensão do espaço de *input*, é possível visualizar o *SOM* através desse mesmo espaço, ou utilizando um sub-espaço obtido através de um método de projeção vetorial como os *Principal Component Analysis (PCA)*, onde o objetivo é obter uma representação das distâncias do espaço de *input* entre as unidades do *SOM* (Vesanto, 1999).

3.3.2 Combinação do Espaço de *Output* do *SOM* com Informação Complementar

O espaço de *output* do *SOM* apresenta características importantes que quando combinadas com informação proveniente do algoritmo do *SOM* permite uma melhor visualização dos dados.

Existem várias possibilidades de abordagens apresentadas em (Vesanto, 1999), o que demonstra o quão flexível pode ser o espaço de *output* do *SOM* relativamente à sua visualização (Vesanto, 1999). Este autor apresenta inúmeros exemplos de visualização baseados no espaço de *output* do *SOM*, nomeadamente no que concerne a visualização do número de padrões de *input* em cada unidade da rede como é o caso dos histogramas, visualização da distância entre as unidades e as unidades vizinhas como é o caso da matriz de distância, visualização de dados através de um esquema de cores baseado nas semelhanças e diferenças entre os mesmos e visualização da qualidade do mapeamento de dados.

Os exemplos evidenciados muitas das vezes apresentam uma representação simplificada dos dados o que é eficiente para a visualização de agrupamentos, no entanto, quando o objetivo é analisar os dados com base em todas as suas variáveis, as técnicas de visualização devem ser complementadas com outras ferramentas, por exemplo o plano de componentes, que consiste na representação de cada variável num mapa de acordo com a variação da cor. Esta é uma ferramenta importante na

visualização de resultados do *SOM* (Vesanto, 1999), uma vez que permite não só identificar cada agrupamento, como permite também obter a caracterização do mesmo (Kaski et al., 1998) bem como a identificar a correlação entre as variáveis (Vesanto, 1999).

3.4 Utilização do *SOM* na Análise Espacial de dados

Existem inúmeros problemas que requerem uma visualização e análise de um elevado número de dados georreferenciados (Penn, 2005), (Uhlenkücken et al., 2000). Muitos destes problemas obrigam a uma extensa análise exploratória de dados de modo a encontrar padrões e relações entre os mesmos. É neste contexto que o *SOM* tem vindo a ser bem sucedido nomeadamente quando aplicado a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Skupin & Agarwal, 2008). Geralmente o *SOM* deve garantir que a representação dos padrões existentes, a proximidade entre eles, a caracterização dos mesmo e a avaliação relativamente ao espaço de *output* (Jain et al., 1999), neste caso, e como se trata de dados que são georreferenciados, também deve garantir que existe uma proximidade geográfica entre os padrões existentes. (Skupin & Agarwal, 2008)

3.5 Aplicação do *SOM* no presente estudo

Como foi referido anteriormente, o *SOM* tem uma grande aplicabilidade em dados georreferenciados, sendo que neste estudo irão ser utilizadas várias abordagens de modo a fazer uma análise exploratória dos dados referentes à pirataria dos últimos 12 anos.

No sentido de tentar identificar padrões entre os ataques existentes nos últimos 12 anos e as áreas referenciadas anteriormente, será utilizada uma abordagem com recurso ao *SOM* de 1-Dimensão (1D), seguida e complementada com recurso ao *SOM* de 2-Dimensões (2D) de modo a consolidar os resultados obtidos pelo *SOM* 1D, como sugerido por (J. Gorricha, 2015).

Por fim, recorrer-se-á ao *SOM* de 3-Dimensões (3D) de modo a verificar se existe padrões entre os tipos ataques de pirataria e os Estados bandeira afetados e se existem uma evolução temporal da pirataria, ou se este se tem mantido constante ao longo dos anos.

3.6 Processamento dos Dados para a Aplicação no SOM

Como foi referido no Capítulo 2, a BD construída é constituída por 2654 casos de pirataria descritas através de 38 variáveis.

Relativamente ao número de casos existentes, importa salientar que este foi reduzido para 2609 casos uma vez que se verificou a existência de 45 casos que não tinham informação relativamente à variável “Período”.

No que concerne ao número de variáveis, e atenta a necessidade de transformar as variáveis categóricas existentes em variáveis numéricas para posteriormente utilização no SOM, o número de variáveis aumentou para 241 variáveis. Assim sendo, e de modo a permitir atingir resultados satisfatórios com o uso do SOM, foi necessário considerar a análise com algumas destas variáveis exógenas. As variáveis exógenas são variáveis que apesar de permanecerem na BD, não são utilizadas no algoritmo do SOM mas que permanecem na caracterização e análise.

3.6.1 Processamento dos Dados para a Aplicação no SOM 1D

Para o estudo do SOM 1D, que é referente aos padrões existentes entre os casos de pirataria e as áreas existentes, foram usadas 74 variáveis uma vez que foram tornadas variáveis exógenas todas as variáveis que eram referentes ao Estado costeiro e ao Estado de bandeira dos navios.

Posteriormente foi necessário calcular uma dimensão adequada à base de dados utilizada, sendo que para isso, foi necessário executar o código η vezes com diferentes números de centróides, que neste caso foi considerado $\eta=50$, de modo a encontrar um valor a partir do qual o EQ existente começasse a estabilizar sendo esse o valor que será escolhido para a dimensão do SOM. (Figura 6)

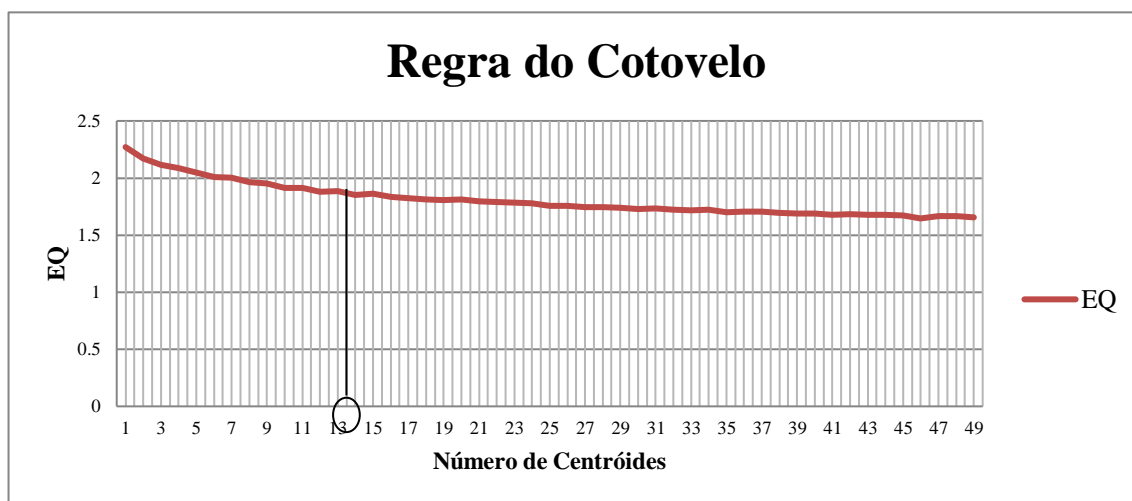


Figura 6 - Regra do Cotovelo para escolha da dimensão do SOM 1D

Após calculado o número de centróides e com recurso ao *SOM toolbox*, foi atribuído a cada caso de estudo a respetiva *BMU*. Após a atribuição da *BMU* a cada caso, os valores atribuídos serão projetados para o *SOM 2D* de modo a comparar os valores obtidos.

Relativamente ao *SOM 2D* e como referido anteriormente, o número de variáveis irá manter-se, sendo a única diferença o tamanho do mapa.

3.6.2 Processamento dos Dados para a Aplicação no *SOM 3D*

No *SOM 3D* foram seguidas duas abordagens, sendo que inicialmente foi verificada a existência de padrões entre os tipos ataques de pirataria e os Estados bandeira, complementada com uma análise temporal do fenómeno da pirataria.

Na primeira abordagem, e com o objetivo de descrever os casos de pirataria face ao estado bandeira, foi necessário transformar a BD numa tabela na qual estavam representados na primeira coluna todos os Estados bandeira que foram alvos destes ataques. Na primeira linha eram representadas todas as variáveis que contribuíam para a descrição do ataque, nomeadamente a variável “Área”, “Classificação do Ataque”, “Carga Roubada”, “Valores Roubados”, “Área de Navegação” e “Estado do Navio”. Para além disto e como se irá recorrer ao *Matlab*, os nomes dos Estados bandeira têm de ser apresentados em inglês de modo a que os países correspondentes sejam reconhecidos pelo *software*.

Na segunda abordagem, e por restrições impostas pelo software usado disponibilizado pelo Centro de Investigação Naval (CINAV), foi necessário garantir que os dados estivessem no formato de ficheiro de texto, e que cumprissem uma determinada ordem, nomeadamente a primeira coluna teria de corresponder à variável da “Área” e esta teria de ser caracterizada por um valor numérico sendo que estes valores foram atribuídos por ordem de número de casos (Tabela 1). A segunda coluna teria de corresponder à variável “Ano”, sendo que esta teria de estar ordenada cronologicamente e iria iniciar-se no ano de 2010 uma vez que nos anos de 2008 e 2009 apenas existem dados referentes ao GoG e ao GoA. As restantes variáveis poderiam ser dispostas de forma aleatória.

Tabela 1 - Número atribuído a cada Área

Número	Área
1	GoG
2	EM
3	MSC
4	OI
5	GoA
6	MA
7	AS(C)
8	AS(P)
9	AS(A)
10	Mam
11	GP
12	MM

Nesta abordagem foram criados três ficheiros de texto para obter uma informação mais discriminativa sobre a evolução do fenómeno, sendo que o primeiro ficheiro continha 64 variáveis referentes ao “Número de Casos” “Tipo de Navio”, “Estado do Navio”, “Área de Navegação”, “Armamento”, “Classificação do Ataque”, “Medidas de Segurança”, “Carga Roubada” e “Valores Roubados”, o segundo ficheiro de texto

continha 37 variáveis correspondentes ao “Número de Casos” e ao “Tipo de Navio” e o terceiro ficheiro de texto continha 30 variáveis as quais eram iguais ao primeiro ficheiro de texto mas sem as variáveis referentes ao “Tipo de Navio”. Este processo foi efetuado para obter uma melhor perceção do efeito que as variáveis tinham em cada área afetada pela pirataria. Ainda nesta segunda abordagem os dados foram transformados em valores percentuais, isto porque as seis áreas mais afetadas, apresentavam uma grande diferença das restantes o que podia originar resultados falaciosos e com isso obter maus modelos. Para esta transformação, os dados referentes ao “Número de Casos” tinham como denominador os números de casos por ano, enquanto que as restantes variáveis, como são referentes a cada área, têm como denominador o número de casos existentes por área anualmente.

Capítulo 4

4. Análise de Resultados

No presente capítulo iremos interpretar os resultados obtidos através da análise exploratória descritiva das variáveis mais relevantes e utilizando posteriormente o *SOM*, definido com 1, 2 e 3 dimensões sobre os dados existentes.

4.1 Análise Exploratória e Descritiva das Variáveis

4.1.1 Área

A variável “Área” discrimina os casos de pirataria pelas áreas anteriormente referidas, estando estas apresentadas nas figuras que se seguem. (Figura 7 e Figura 8)

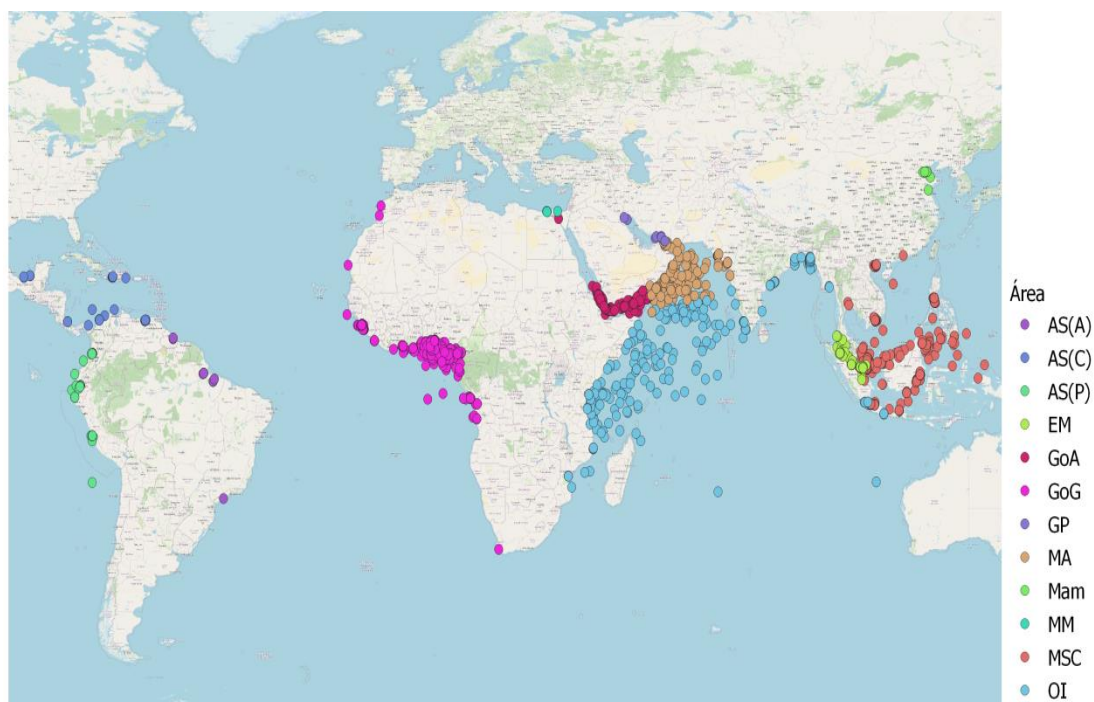


Figura 7 - Casos por Área com recurso ao Software QGIS

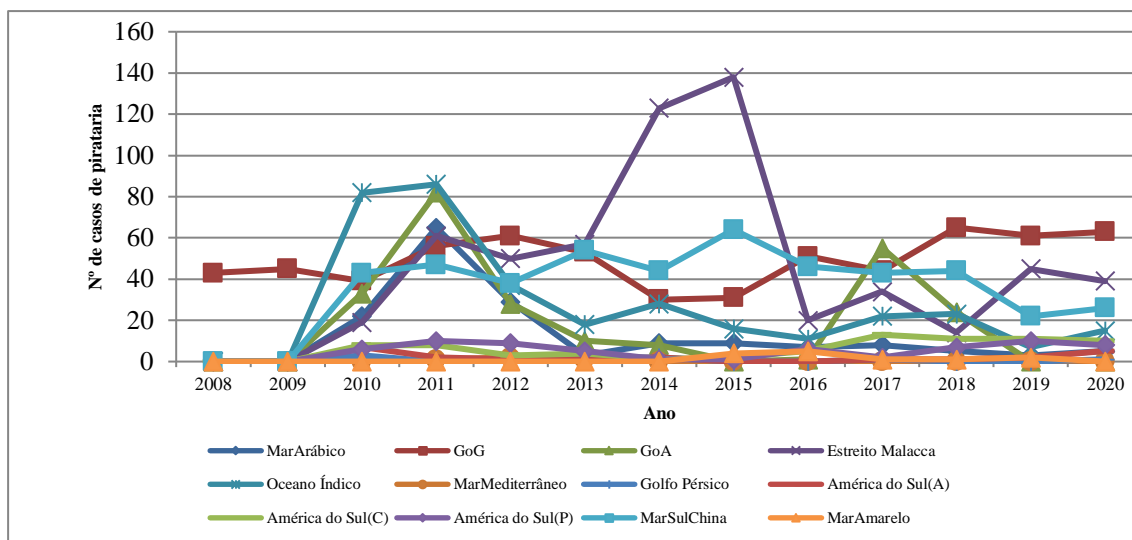


Figura 8 - Número de Casos por Área

Observando a Figura 8, é possível visualizar as áreas mais afetadas pela pirataria, sendo estas o Estreito de Malacca, o Golfo de Áden, o Golfo da Guiné, o Oceano Índico e Mar do Sul da China. Estas cinco áreas representam, aproximadamente, 87% dos casos que são tidos em conta neste estudo. Além disto, é também possível verificar um aumento superior a 50% dos casos existentes no Estreito de Malacca, entre 2013 e 2014.

Como referido anteriormente, as principais causas do aumento da pirataria nesta zona devem-se ao fraco controlo marítimo e ao aumento do preço do óleo de palma, tendo este atingido o valor mais alto de que há registo no ano de 2014. Além do óleo de palma, também o gasóleo registou um aumento de 11%, relativamente ao ano anterior. Contrariamente à situação descrita anteriormente, houve uma redução, significativa, dos casos de pirataria entre 2015 e 2016. Tal facto é justificado devido à redução do preço de gasóleo, tendo este tido uma queda de 26% referente ao valor do ano anterior. (*The Economics of Piracy in South East Asia*, 2016).

4.1.2 Período

A variável “Período” representa a fase do dia no qual o ato de pirataria ocorre. Esta divide-se em “Diurno”, caso o ataque ocorra entre o nascer do sol e o pôr-do-sol, “Noturno”, caso o ataque decorra entre o pôr-do-sol e o nascer do Sol, e

“Desconhecido”, quando não há informação sobre a hora a que ocorreu o ataque. Estes dados sobre o período do dia têm como referência a hora local.

Observando a Figura 9, é possível concluir que existe uma predominância de atos que decorreram durante o período noturno, face ao período diurno, sendo também possível concluir que entre 2013 e 2015 houve uma maior discrepância entre os acontecimentos ocorridos no período noturno e diurno.

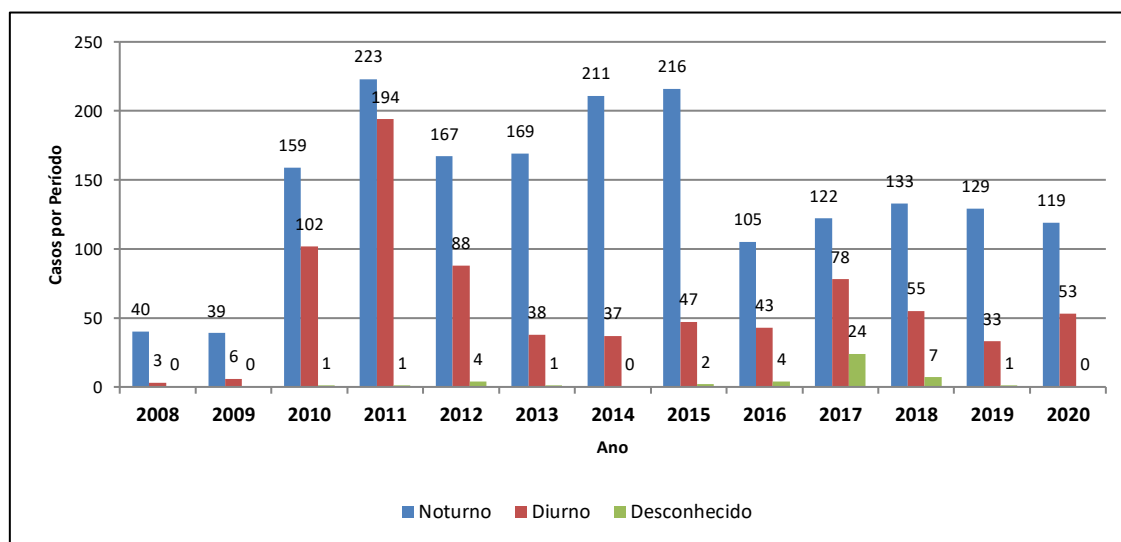


Figura 9 - Casos por Período

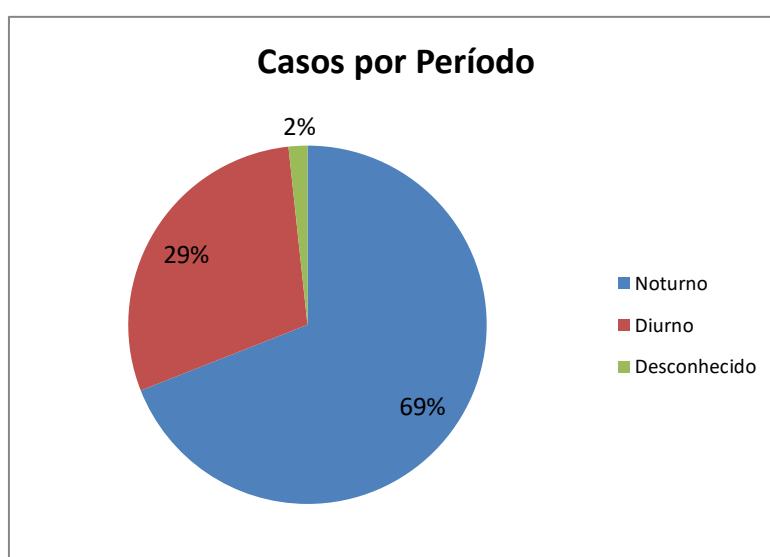


Figura 10 - Casos totais por Período (%)

Analisando individualmente as áreas que apresentam um maior número de casos de pirataria, nomeadamente o Estreito de Malacca (Figura 11), o Golfo de Áden (Figura 12), o Golfo da Guiné (Figura 13), o Mar do Sul da China (Figura 14) e Oceano Índico (Figura 15) e, é possível encontrar uma explicação para este decréscimo de ataques durante o período noturno. Enquanto que os gráficos referentes ao EM, GoG e MSC apresentam sempre um maior número de casos de pirataria no período noturno, o OI apresenta uma redução, significativa, de casos no período diurno a partir do ano de 2012, só voltando a aumentar no ano de 2016, indo ao encontro do que é apresentado na Figura 9. O mesmo acontece na área do GoA onde a partir de 2012 os casos no período diurno também diminuem significativamente e só voltam a aumentar em 2017.

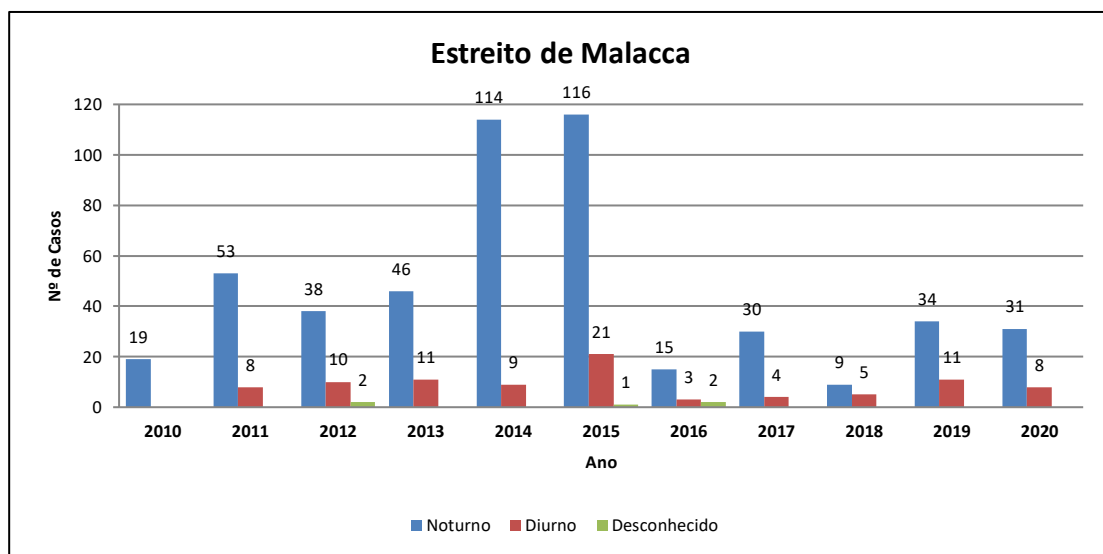


Figura 11 - Casos por Período no EM

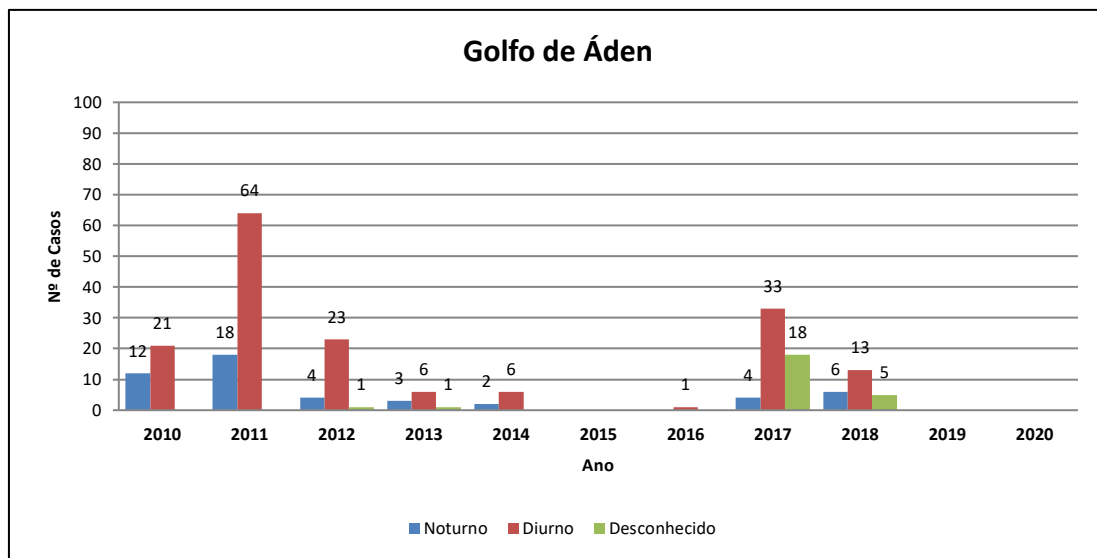


Figura 12 - Casos por Período no GoA

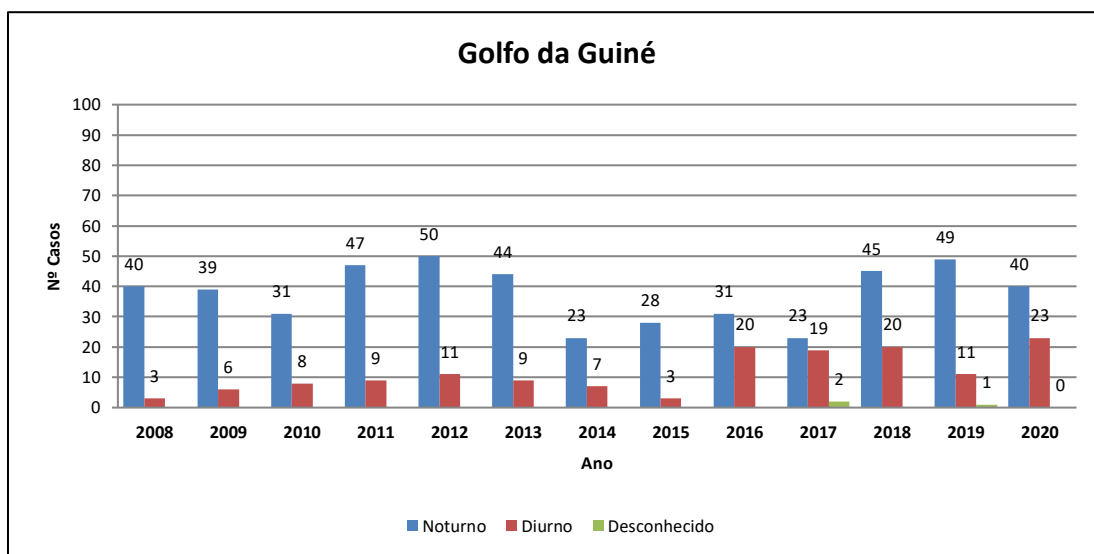


Figura 13 - Casos por Período no GoG

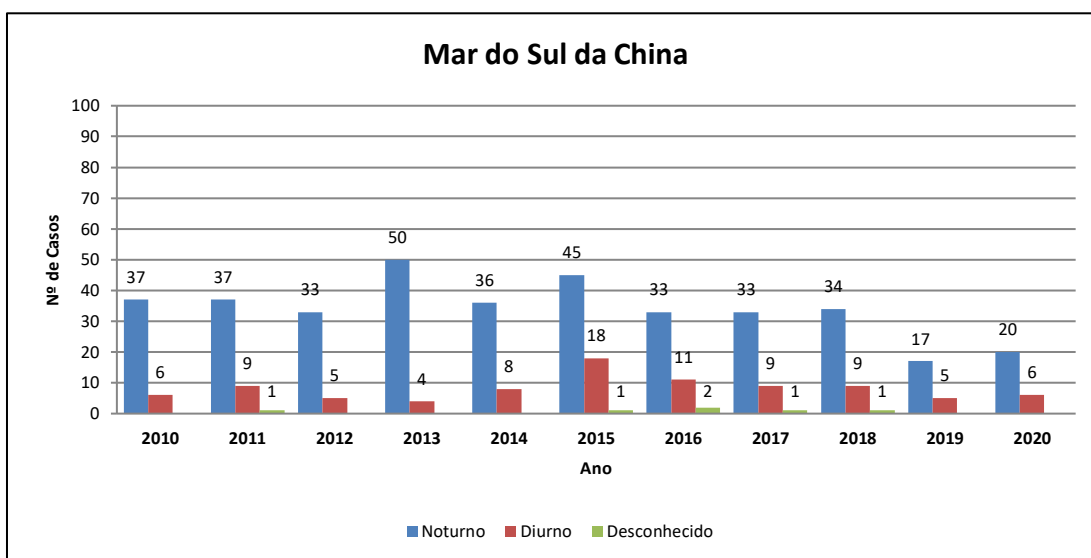


Figura 14 - Casos por Período no MSC

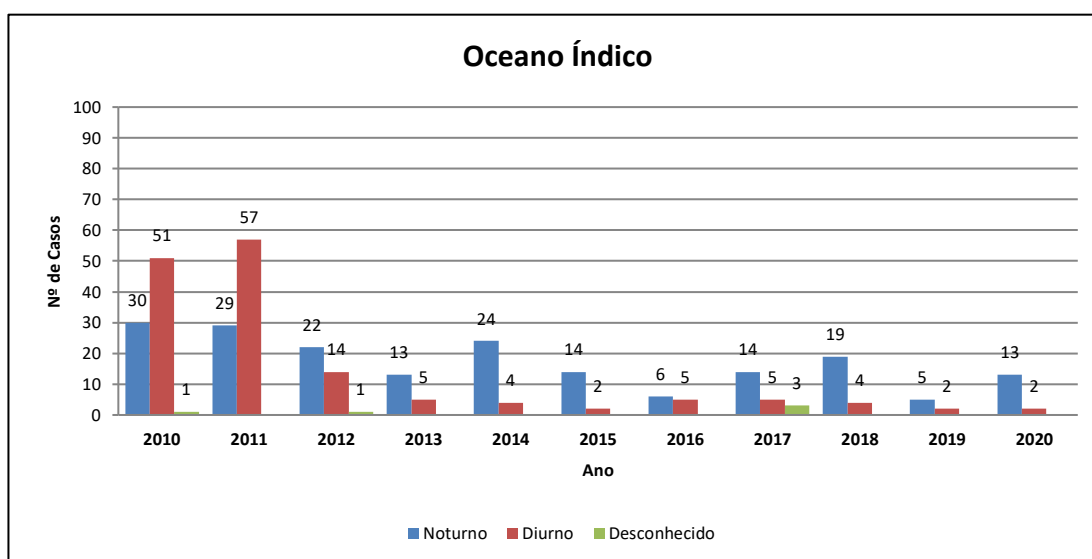


Figura 15 - Casos por Período no OI

Por outro lado, a predominância de atos no período noturno pode ser justificada tendo em conta que a vigilância noturna tem uma dificuldade acrescida, quando comparada com a diurna. Sendo assim, há uma maior dificuldade em garantir um aviso prévio, levando a que as medidas de segurança tomadas pelos navios sejam menos eficazes. (Figura 16 e Figura 17)

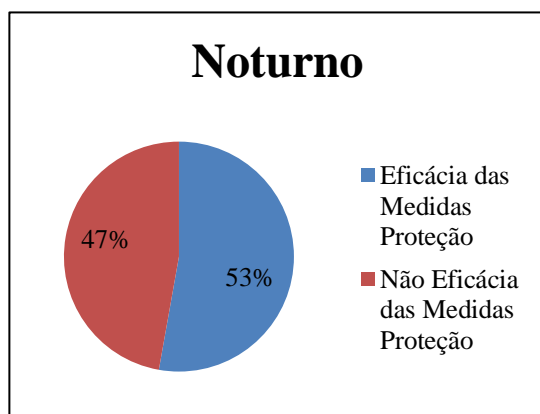


Figura 16 - Eficácia das Medidas de Segurança no Período Noturno

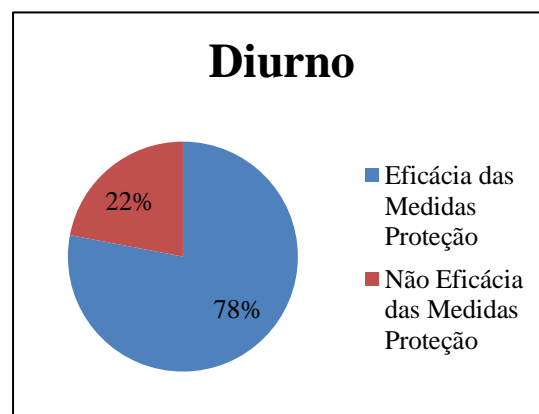


Figura 17 - Eficácia das Medidas de Segurança no Período Diurno

Com a diminuição da eficácia nas medidas de proteção há, consequentemente, um aumento da taxa de sucesso para quem comete estes crimes. (Figura 18 e Figura 19)

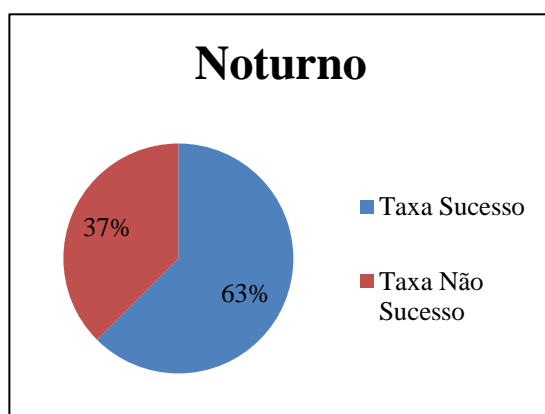


Figura 18 - Taxa de Sucesso dos Ataques no Período Noturno

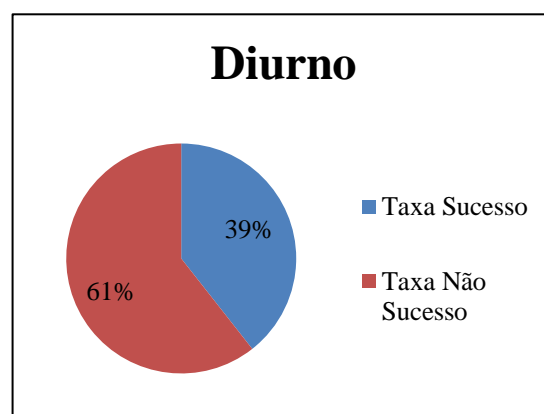


Figura 19 - Taxa de Sucesso dos Ataques no Período Diurno

4.1.3 Tipo de Navio

Esta variável fornece informação sobre qual é o navio alvo dos ataques de pirataria. Como é possível visualizar no Apêndice A, existem vários tipos de navio que são alvos destes ataques. No entanto, para fazer um estudo desta variável apenas irão ser abordados os casos que envolveram os *bulkcarriers*, *chemicaltankers*, *general cargo*

ships, product tankers, tankers, containers e tugs, uma vez que estes constituem 80% dos navios que são alvos de ataque de pirataria.

Observando a Figura 20, é possível verificar que os navios *bulkcarrier* são os que sofrem mais ataques, contabilizando um total de 635 casos nos últimos 12 anos, correspondendo a 24% dos casos de pirataria.

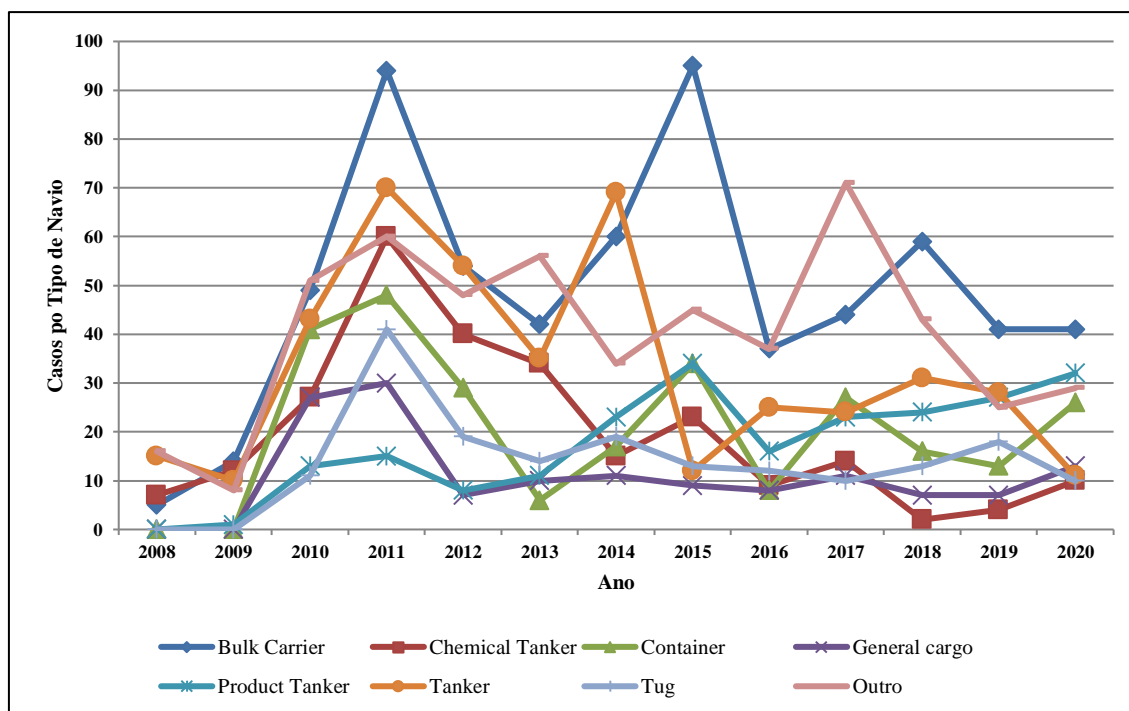


Figura 20 - Casos Anuais por Tipo de Navio

Com base na Figura 20, também é possível observar que os padrões de incidência de ataques sobre os navios apresentados anteriormente se mantiveram nos últimos anos, à exceção dos navios “Tanker” que apresentam uma diminuição a partir de 2014.

Como é possível verificar na Figura 21 o período noturno é o período predominante dos ataques de pirataria em todo o tipo de navios.

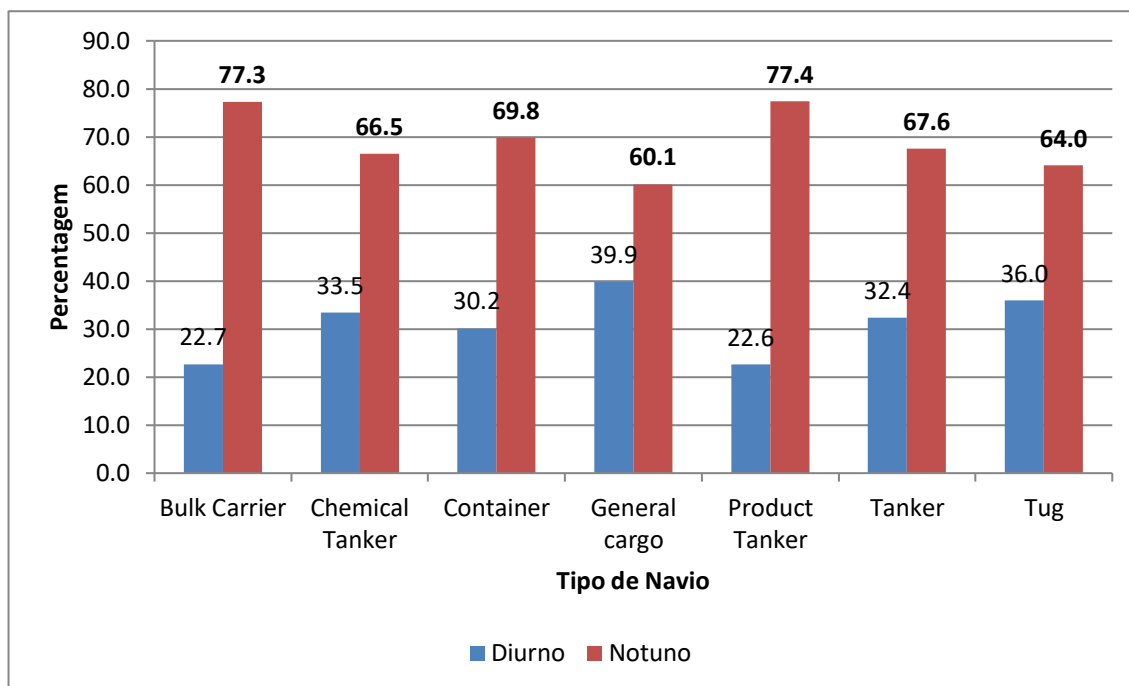


Figura 21 - Casos por Tipo de Navio referentes ao Período (%)

No que diz respeito aos tipos de navios atacados por área, os navios do tipo *bulkcarrier* apresentam o maior número de casos em três das cinco áreas anteriormente referidas, nomeadamente, EM, GoA e MSC. No entanto, e como é possível verificar na Figura 22, no OI os navios do tipo *bulkcarrier* apesar de não serem os navios mais afetados, apenas têm menos 1 caso que os navios do tipo *container*. A grande alteração neste padrão de navios-alvo surge na área do GoG, podendo estar relacionado com o facto de a Nigéria exportar petróleo há mais de 20 anos, não estando a sua população a usufruir das receitas provenientes do mesmo (Pelz, 2021), dado que 32% da carga transportada pelos navios do tipo *tanker* são mercadorias referentes ao petróleo (Sullivan, 2010), tornando-se assim os maiores alvos de ataques de pirataria nessa área.

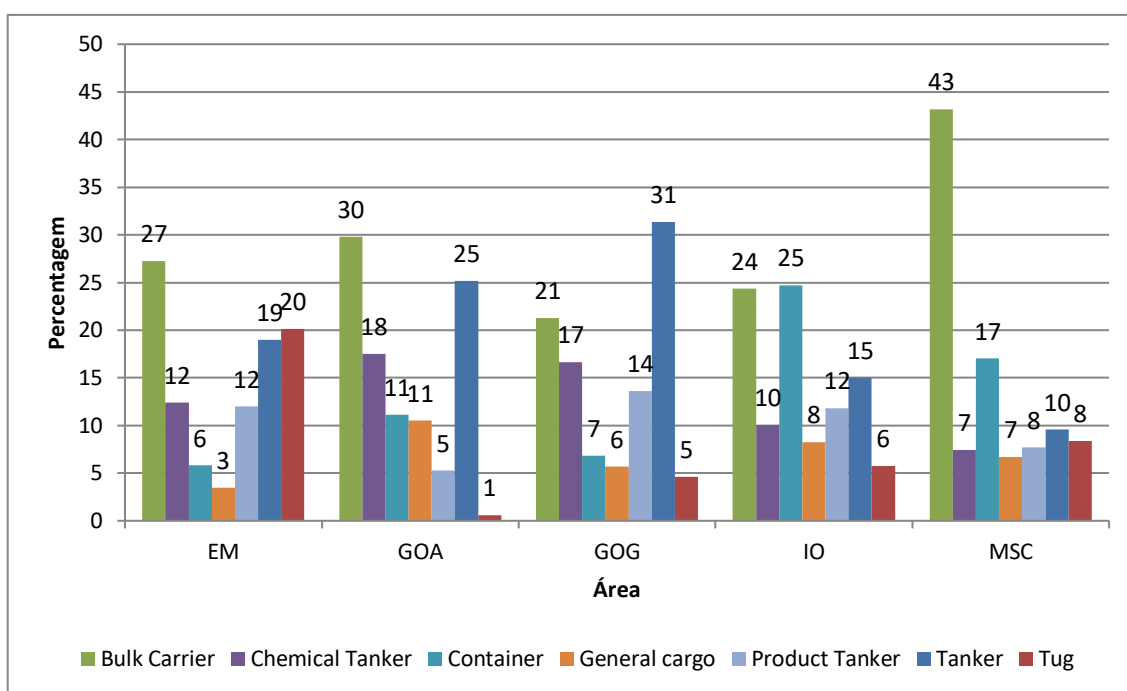


Figura 22 - Casos por Tipo de Navio referentes à Área (%)

4.1.4 Estado do Navio

Como referido anteriormente, esta variável representa o estado (navegar, fundeado, atracado) em que o navio se encontrava quando sofreu o ataque. À exceção dos anos de 2010 e 2011, e como é possível visualizar na Figura 23, os ataques que ocorreram quando os navios se encontravam a navegar ou fundeados são equiparáveis.

No que se refere aos ataques a navios atracados, é possível concluir que o número de casos é significativamente inferior aos restantes, sendo justificado pela maior vigilância existente nas zonas portuárias, havendo, consequentemente, uma maior dificuldade na abordagem aos navios.

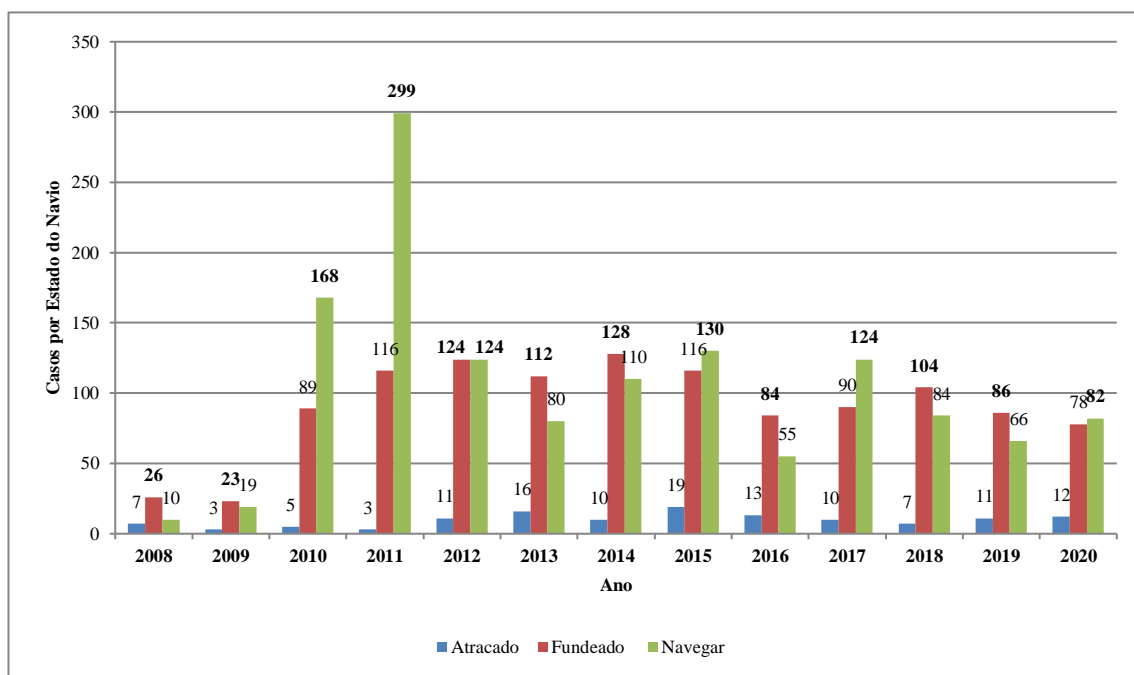


Figura 23 - Casos Anuais por Estado do Navio

A discrepância que se verifica entre os casos ocorridos com os navios a navegar e fundeados poderá estar relacionada com o facto de nos anos de 2010 e 2011 as áreas onde ocorreram mais casos terem sido o GoA e o OI. Da análise da Figura 24, é possível verificar que em ambas as áreas os casos ocorridos quando os navios se encontram a navegar prevalecem face os casos ocorridos quando os navios se encontram fundeados.

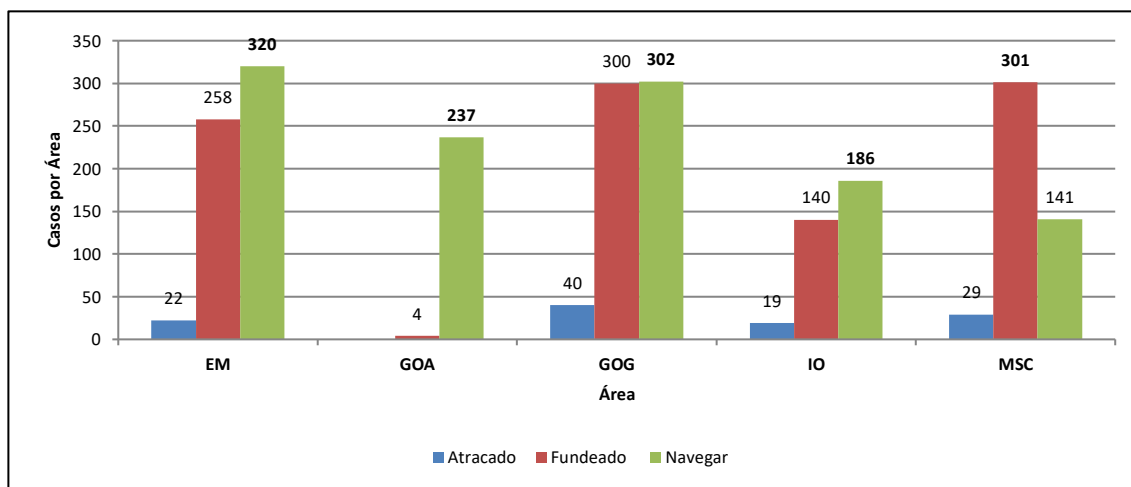


Figura 24 - Casos por Estado do Navio referentes à Área

Observando a figura anterior, também é possível verificar que o MSC é a única área que apresenta um maior número de casos quando os navios se encontram fundeados. Tal pode ser justificado devido ao elevado número de ilhas existentes e, uma vez que não há acordo sobre qual é o estado soberano, não há jurisdição que prevaleça, levando assim a um elevado número de casos de pirataria enquanto os navios estão fundeados (Bowden, 2010).

Ainda sobre esta variável, e observando a Figura 25, é possível verificar que no período diurno 80% dos ataques ocorreram com o navio a navegar. Por outro lado, e observando a Figura 26, é possível concluir que no período noturno a maioria dos ataques ocorre quando os navios se encontram fundeados.

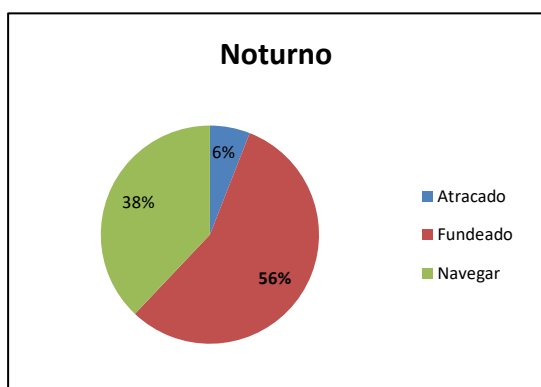


Figura 25 - Casos por Estado do Navio no Período Noturno

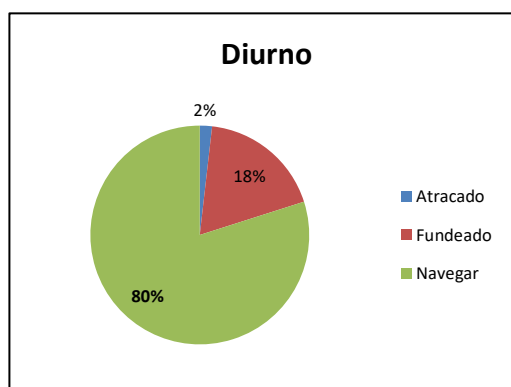


Figura 26 - Casos por Estado do Navio no Período Diurno

4.1.5 Área de Navegação

Esta variável pretende distinguir em três grupos as áreas onde os navios se encontram, com base na distância à costa. Com base na Figura 27, é possível visualizar o número de casos que ocorreram em cada uma das áreas de navegação por ano.

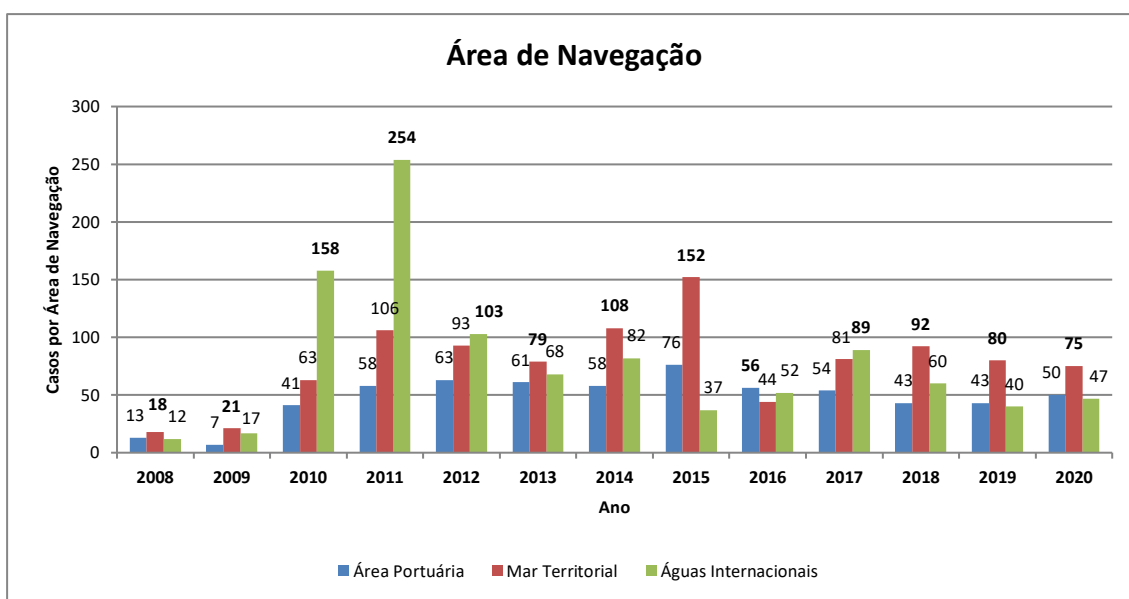


Figura 27 – Casos Anuais por Área de Navegação

À semelhança do que ocorreu anteriormente, existe uma diferença significativa nos anos de 2010 e 2011, sendo tal justificado com os casos ocorridos nas áreas de GoA e do OI.

Como é possível verificar na Figura 28, as áreas de navegação mais afetadas no GoA e no OI são as águas internacionais, ou seja, as águas que se entendem para lá das 12 MN.

Uma vez que após o ano de 2011 os casos de pirataria no GoA e no OI diminuíram, os casos por área de navegação voltaram a estar equivalentes. Contudo, e apesar das diferenças não serem tão acentuadas como as referidas anteriormente, em 2014 e 2015 existiu de igual forma uma diferença entre os acontecimentos em águas territoriais e águas internacionais.

Esta diferença vai ao encontro com o número de casos existentes nesses dois anos no EM, uma vez que esta foi a área mais afetada. Assim sendo, e como é possível verificar na Figura 28, os ataques de pirataria nessa área são mais frequentes nas águas territoriais, justificando assim o aumento de casos nesta área nos dois anos referidos.

Por outro lado, no MSC, o maior número de atos de pirataria está localizado em áreas portuárias, indo ao encontro do que foi referido anteriormente sobre o elevado número de ilhas existentes.

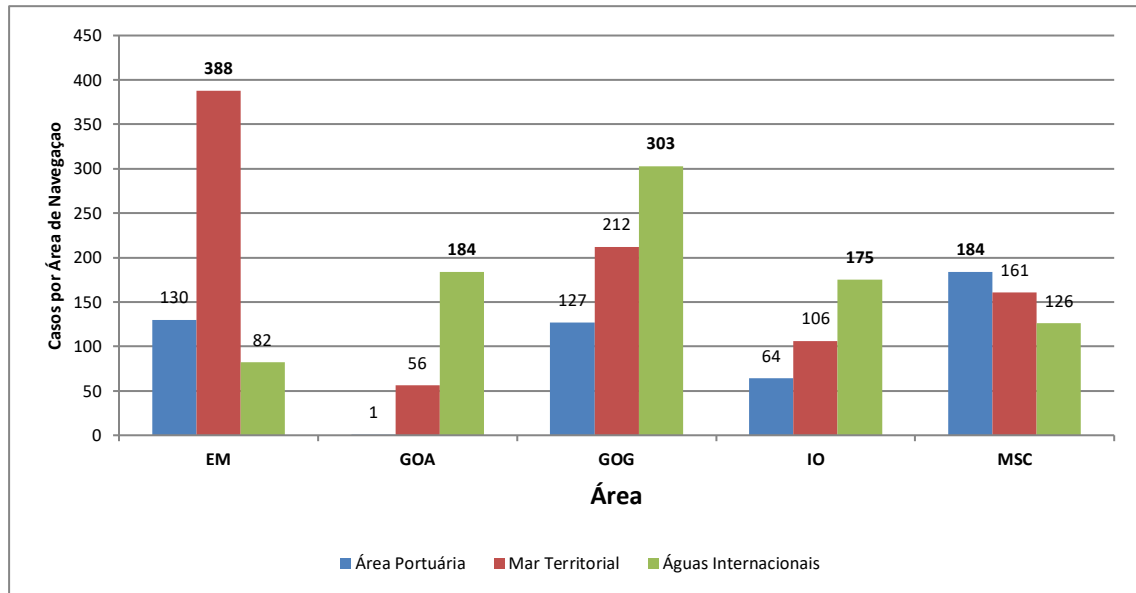


Figura 28 - Casos por Área de Navegação referentes à Área

Por forma a relacionar esta variável com a variável período criou-se o gráfico presente na Figura 29. Nesta figura é possível verificar que no período diurno os ataques mais frequentes ocorrem em águas internacionais. Por outro lado, no período noturno os ataques mais frequentes ocorrem em águas territoriais e portuárias.

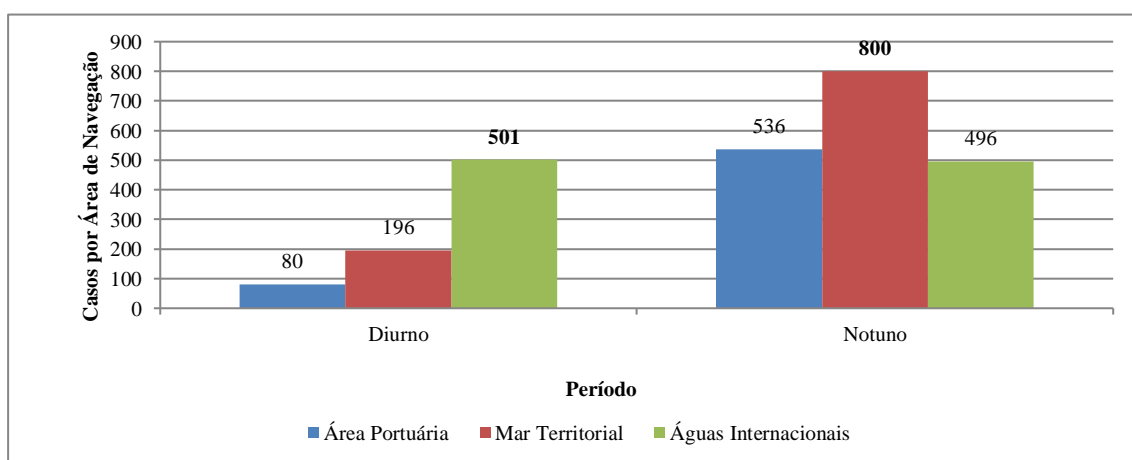


Figura 29 - Casos por Área de Navegação referente ao Período

Tal pode ser justificado com base no que foi referido anteriormente, onde se demonstrou que no período diurno há um maior número de navios a navegar, dos quais 66% se encontram em águas internacionais (Figura 30).

No período noturno é mais frequente haver navios atracados e fundeados, estando 50% destes últimos em águas territoriais (Figura 31). Sendo assim, é possível reforçar a ideia de que neste período há mais casos em áreas portuárias e águas territoriais, enquanto no diurno há mais casos em águas internacionais.

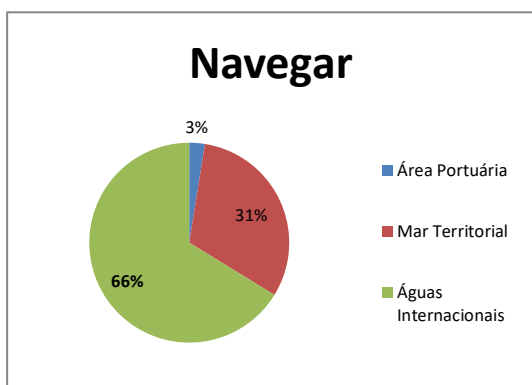


Figura 30 - Casos por Área de Navegação quando a Navegar

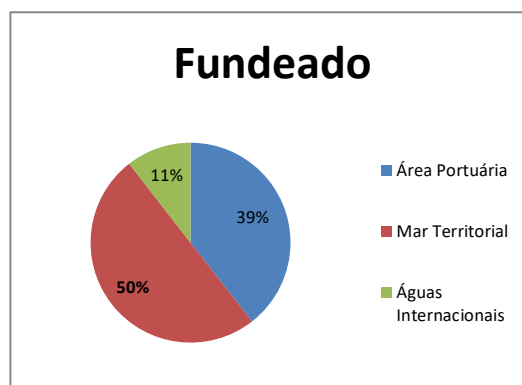


Figura 31 - Casos por Área de Navegação quando Fundeado

4.1.6 Classificação do Ataque

Esta variável tem como objetivo definir não só qual o tipo de ataque que ocorreu, como também se este foi ou não bem-sucedido. Observando a Figura 32, é possível verificar que os casos mais frequentes resultam de um roubo ou de um ataque que não foi bem-sucedido. Contudo, e apesar de não se evidenciarem tanto, os restantes tipos de ataques mantêm-se constantes ao longo dos anos.

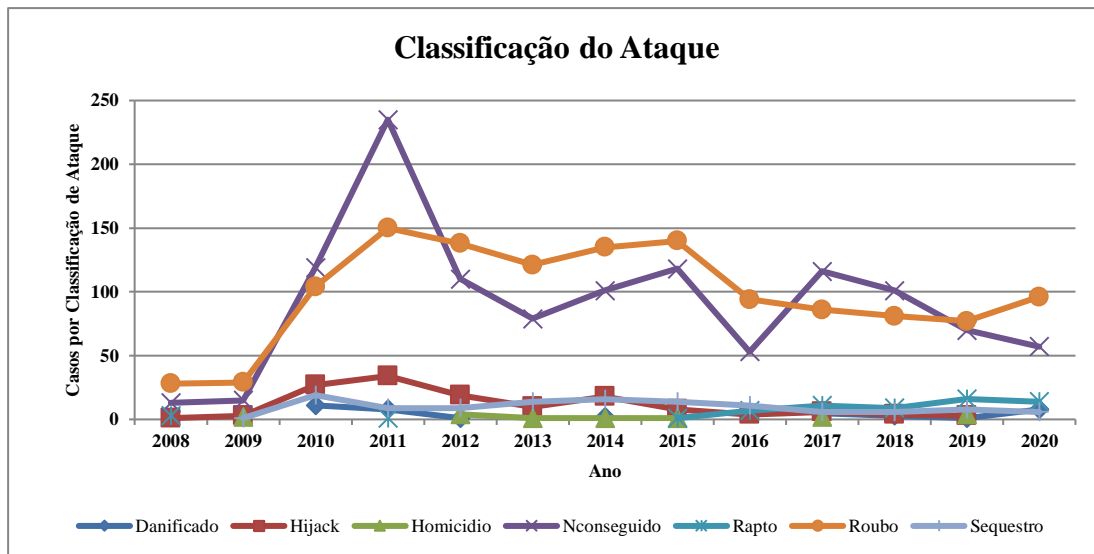


Figura 32 - Casos Anuais por Classificação do Ataque

Analisando esta variável face às principais áreas de ataques de pirataria (Figura 33), é possível visualizar que existem duas áreas que diferem das restantes, GoA e o MSC. Relativamente ao GoA, o elevado número de casos mal sucedidos está relacionado com as missões antipirataria que foram criadas em 2008, referenciadas no capítulo 1.2. Por outro lado, no MSC, o elevado número de roubos face ao número de casos mal sucedidos deve-se ao facto de ser uma zona com pouco patrulhamento marítimo.

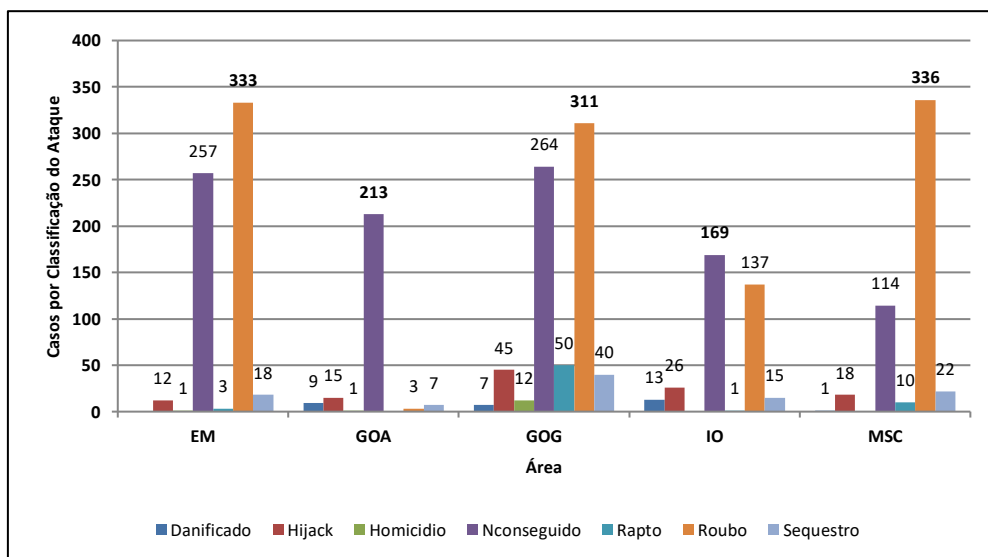


Figura 33 - Casos por Classificação de Ataque referente à Área

Comparando com a variável “Estado do Navio”, é possível visualizar que enquanto os navios se encontram a navegar existe um maior número de casos em que os ataques são mal sucedidos. Isto deve-se ao facto de quando um navio se encontra a navegar ter maior capacidade de efetuar manobras evasivas, por forma a evitar a abordagem de um navio pirata. Quando o navio se encontra fundeado ou atracado não tem capacidade de efetuar tais manobras, resultando assim num maior número de ataques bem-sucedidos (Figura 34)

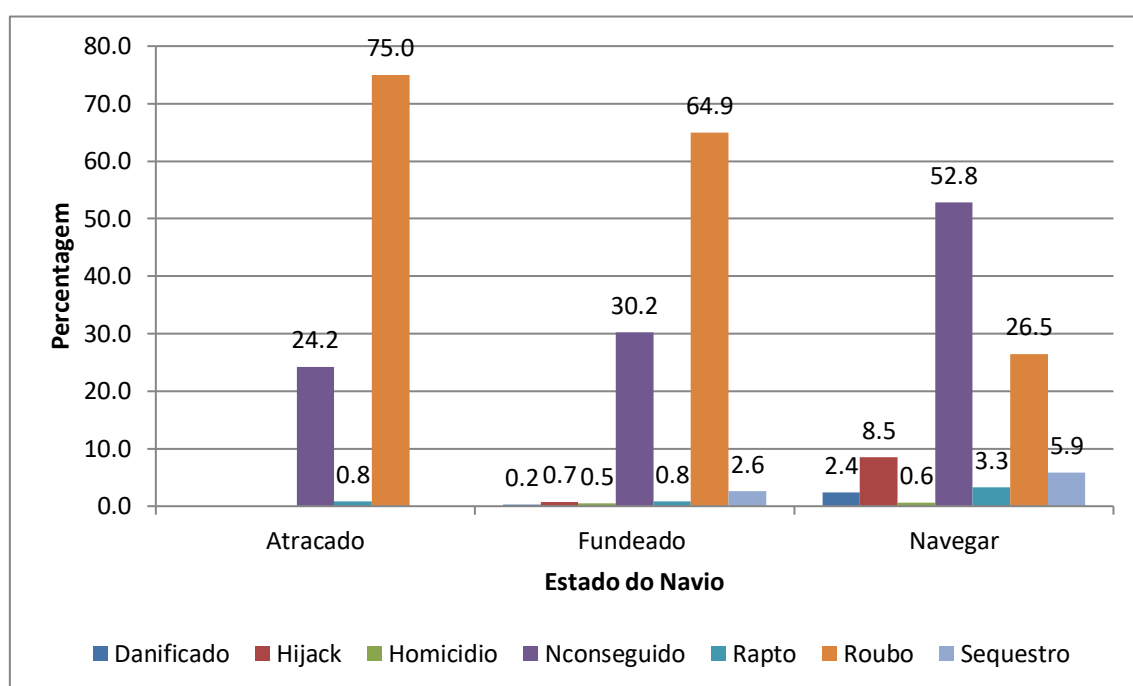


Figura 34 - Casos por Classificação do Ataque referente ao Estado do Navio (%)

4.1.7 Estado Costeiro

Esta variável é referente ao país que tem jurisdição sobre a zona onde o ocorreu o ataque de pirataria. Neste estudo foram identificados 60 estados costeiros que foram alvos destes ataques nos últimos 12 anos. Por forma a obter uma melhor visualização sobre os Estados mais afetados, esta variável foi dividida pelas áreas que, como referido anteriormente, apresentam o maior número de casos.

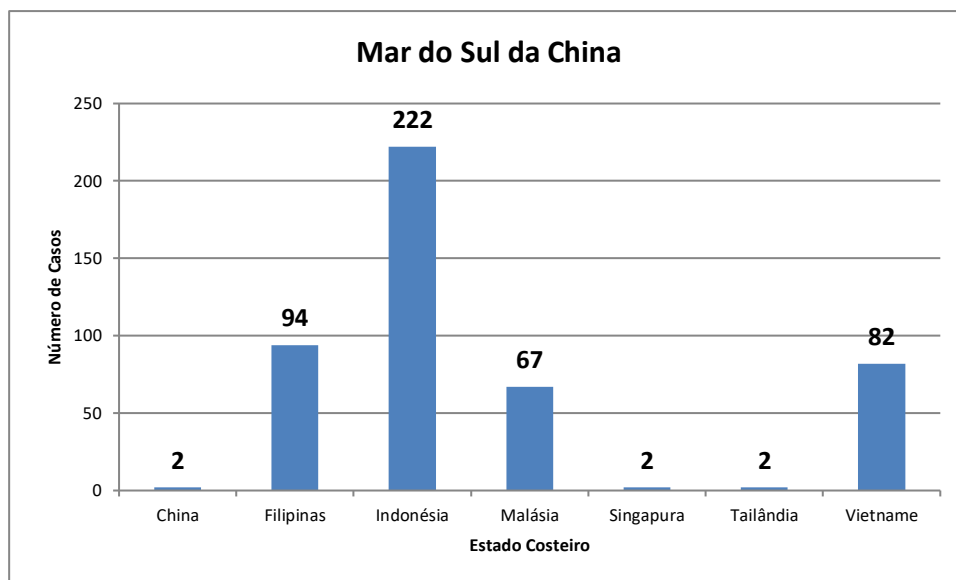


Figura 35 - Número de Casos por Estado Costeiro no MSC

Como é possível visualizar na Figura 35, a Indonésia é o país com maior número de casos na área do MSC, este elevado número de casos face aos restantes países da mesma área pode estar relacionado com o facto de a Indonésia ser o 7º país com maior área Zona Económica Exclusiva (*EconomiaAzul*, 2021). Para além de ser o país com maior número de casos na área do MSC, a Indonésia também é o país que apresenta o maior número de casos na área do EM (Figura 36).

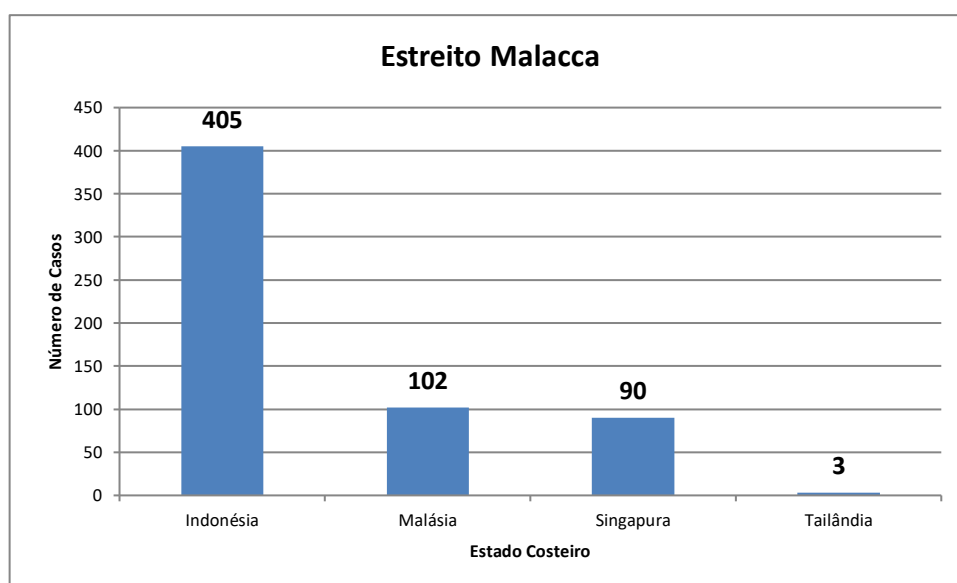


Figura 36 - Número de Casos por Estado Costeiro no EM

Relativamente ao GoA (Figura 37), e contrariamente ao que poderia ser esperado, o Estado Costeiro mais afetado nesta área não é a Somália, mas sim o Iémen. Esta

diferença de casos por Estado Costeiro pode ser derivada aos conflitos que decorrem entre o grupo *Houthi*, que está ligado ao Irão, mas que ocupa parte do território do Iémen. Estes conflitos duram desde 2014 e já começaram a afetar as rotas marítimas devido à instabilidade existente nessa área (Saul, 2017).

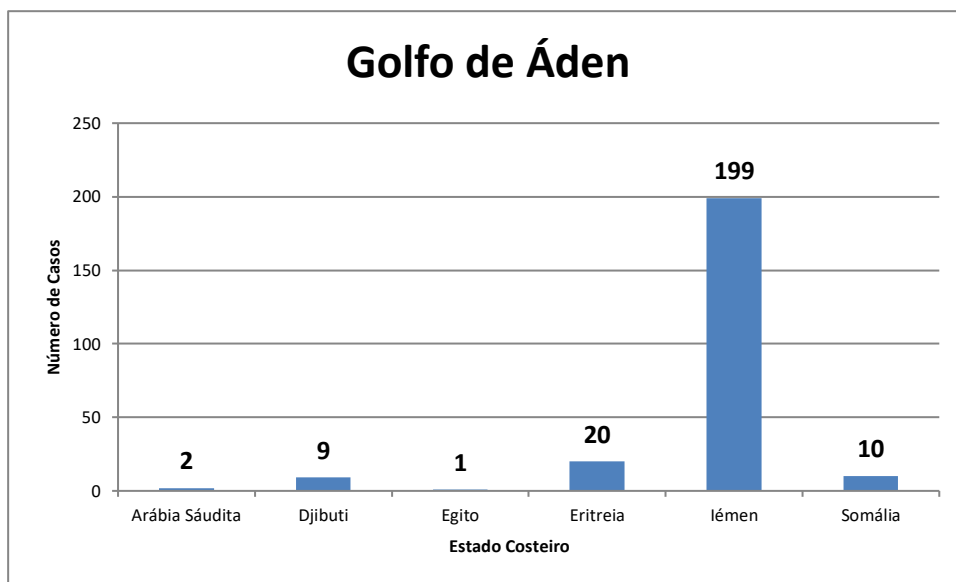


Figura 37 - Número de Casos por Estado Costeiro no GoA

No entanto, e quando observamos a área do OI (Figura 38), verifica-se que há um aumento significativo nos casos de pirataria que ocorrem na Somália, embora o estado costeiro mais afetado seja o Bangladesh. Os ataques ocorridos no Bangladesh são maioritariamente a navios fundeados perto do porto de Chittagong. Isto acontece porque este porto tem uma capacidade reduzida de armazenar a carga proveniente dos navios o que faz com que este processo demore imenso tempo, o que leva a um elevado número de ataques de pirataria nessa área (Cohen, 2017).

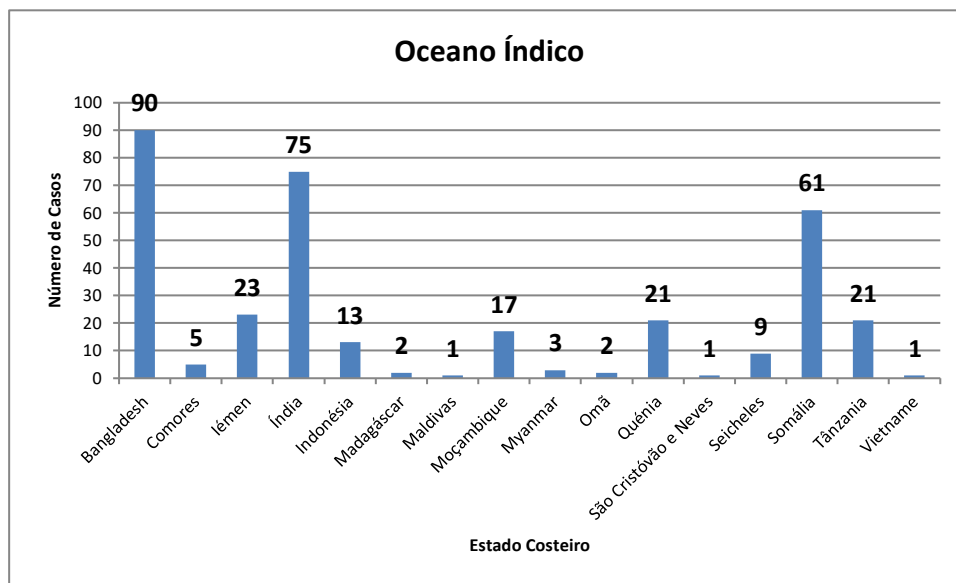


Figura 38 - Número de Casos por Estado Costeiro no OI

Por fim, na área do GoG (Figura 39) e como foi referido no Capítulo 4.1.3, a Nigéria é o país mais afetado por este fenómeno, distinguindo-se de forma acentuada dos restantes estados costeiros.

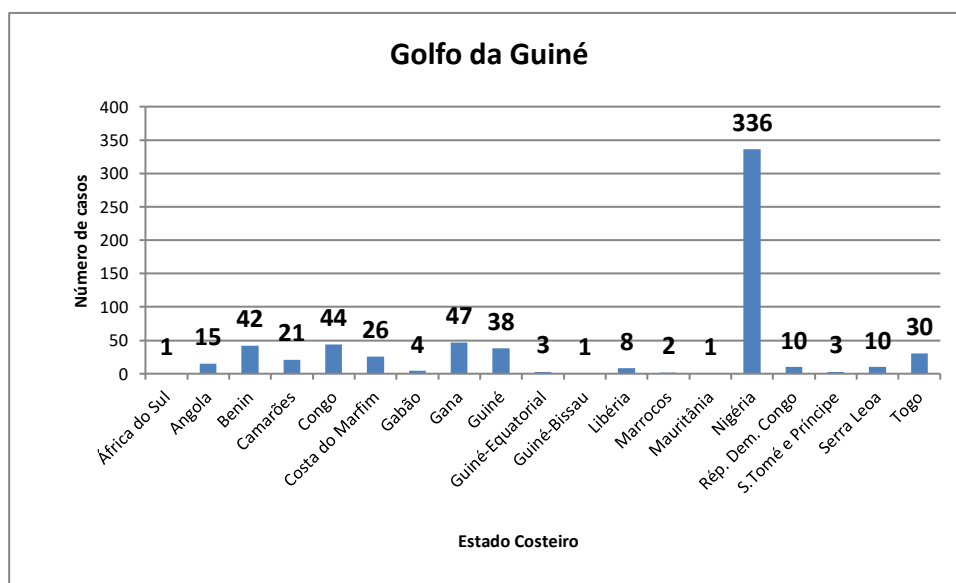


Figura 39 - Número de Casos por Estado Costeiro no GoG

De um modo geral, e tendo em conta todas as áreas existentes neste estudo, os estados costeiros mais afetados correspondem aos que foram evidenciados nas figuras anteriores. (Figura 40)

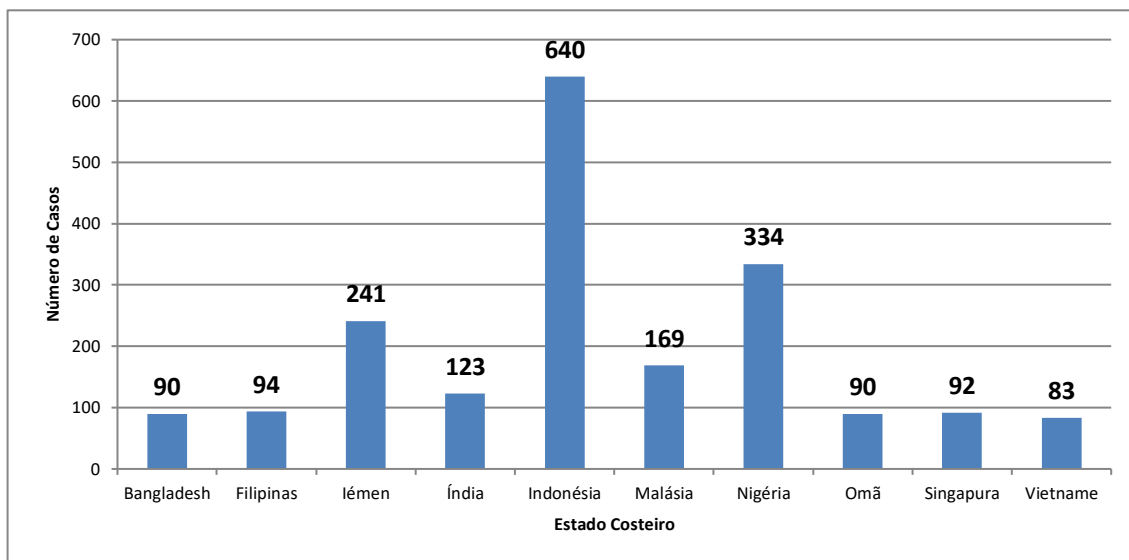


Figura 40 - Número de Casos total por Estado Costeiro

4.1.8 Estado Bandeira

Esta variável é referente à bandeira do país onde o navio está registado. Os navios possuem a nacionalidade do Estado cuja bandeira estejam autorizados a arvorar (Art. 90º CNUDM). Os navios devem navegar sob a bandeira de um só Estado e, salvo nos casos excepcionais previstos expressamente em tratados internacionais ou na presente Convenção, devem submeter-se, no alto mar, à jurisdição exclusiva desse Estado (Art. 91º CNUDM).

Neste estudo, foram alvos de ataques de pirataria 85 estados de bandeira ao longo dos últimos 12 anos, sendo que para uma melhor visualização apenas irá ser representado os estados que foram mais afetados por este fenómeno (Figura 41).

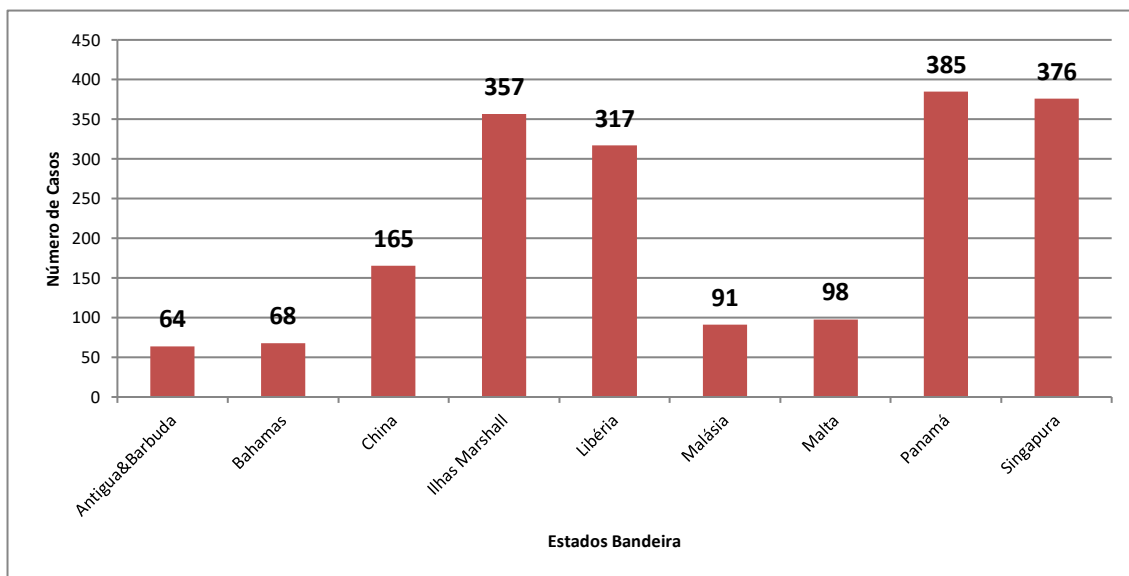


Figura 41 - Número de Casos total por Estado Bandeira

De modo geral, os estados bandeira aqui apresentados são comuns a todas as áreas que são afetadas pela pirataria, principalmente as Ilhas Marshall, a Libéria, o Panamá e Singapura que apresentam em todas as áreas o maior número de casos ocorridos.

4.2 SOM 2D

Como foi referido com Capítulo 3.6.1 este processo foi iniciado com o *SOM 1D* e foram utilizadas as seguintes parametrizações de modo a obter as *BMU* para cada caso:

- **Algoritmo de Treino:** “Batch”, que é o algoritmo pré-definido pelo *SOM toolbox*;
- **Tamanho do Mapa:** 13x1;
- **Função de Vizinhança:** Gaussiana – “*Gaussian*”;
- **Tipo de Inicialização:** Linear “*liniinit*”;

O mesmo processo foi realizado para o *SOM 2D* de modo a obter a Matriz-U dos dados, com as seguintes parametrizações:

- **Algoritmo de Treino:** “Batch”, que é o algoritmo pré-definido pelo *SOM toolbox*;

- **Tamanho do Mapa:** 15x20;
- **Função de Vizinhaça:** Gaussiana – “*Gaussian*”;
- **Tipo de Inicialização:** Linear “*liniinit*”;

Onde foram obtidos os seguintes EQ e ET:

Tabela 2 - Resultados obtidos com os dados referentes ao *SOM 2D*

Inicialização Linear	Erros	<i>SOM 2D</i>
Modelo a usar	EQ	1.413
	ET	0.054

A Figura 42 é a Matriz-U referente ao modelo escolhido para o *SOM 2D*, onde é possível observar alguns dos agrupamentos existentes.

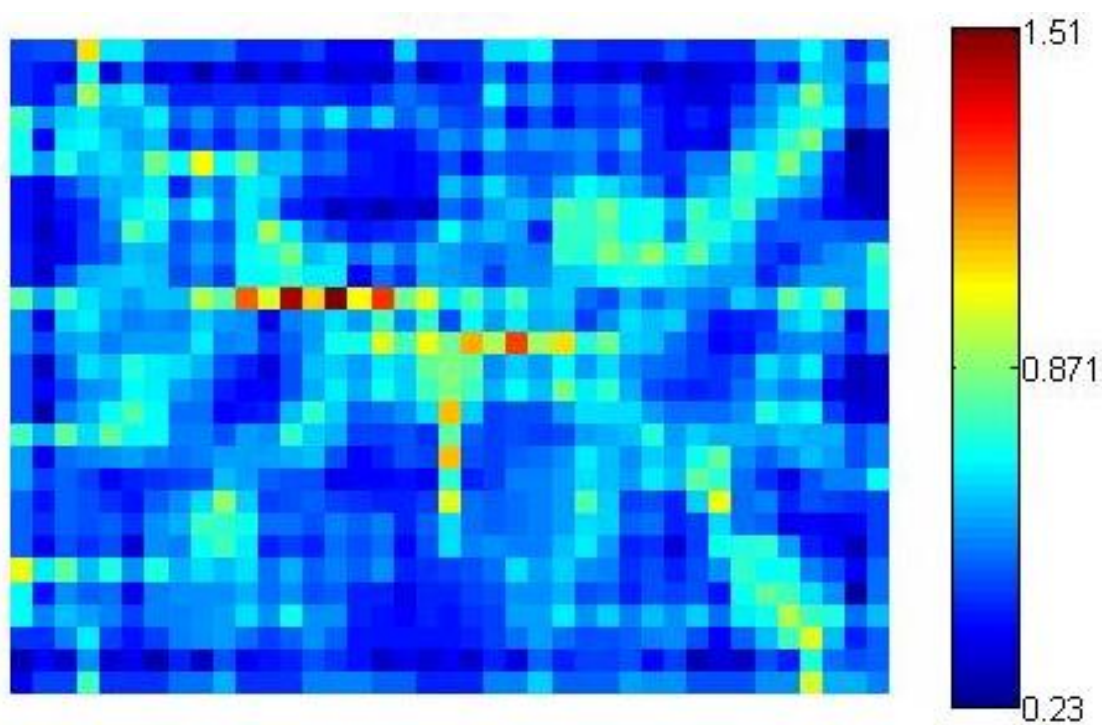


Figura 42 - Matriz-U obtida através do SOM 2D

Quando projetados os valores da *BMU* atribuídos a cada caso de pirataria do *SOM* 1D no *SOM* 2D, a estes vão ser atribuídos uma posição na Matriz-U de modo a obter uma fácil visualização da disposição dos agrupamentos existentes. (Figura 43)

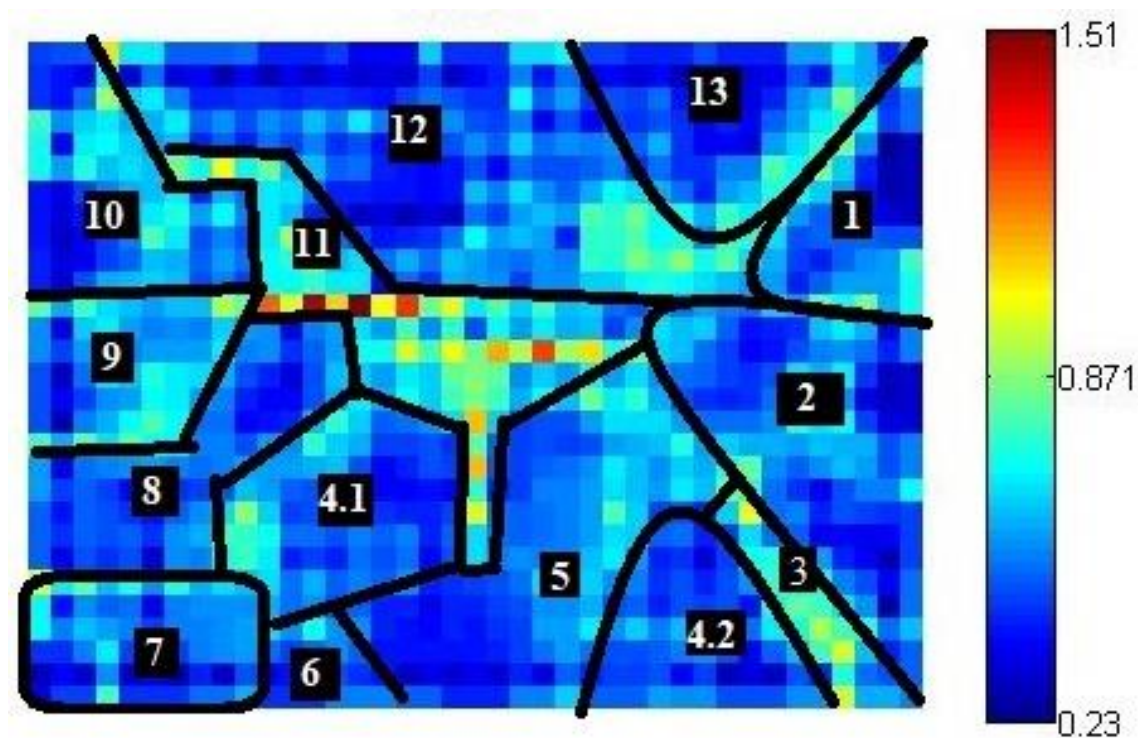


Figura 43 - Matriz-U da projeção das MUC do SOM 1D no SOM 2D

Face a estes agrupamentos e como o objetivo desta abordagem é descobrir se há relações entre os mesmos e as áreas afetadas, foram extraídos os dados referentes a cada agrupamento e comparados com as áreas existentes.

Tabela 3 - Análise dos agrupamentos face à área (em %) com recurso ao SOM 2D

Agrupamento	AS(A)	AS(P)	GP	Mam	MM	AS(C)	MA	GoA	OI	MSC	EM	GoG
1	0,000	2,811	0,402	0,000	0,000	1,205	0,402	0,803	4,819	4,819	83,936	0,803
2	2,932	3,909	0,326	2,280	0,326	4,560	1,629	0,326	8,795	23,127	14,332	37,459
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,250	6,250	12,500	0,000	12,500	0,000	62,500
4	0,424	5,085	0,000	1,271	0,000	4,661	2,966	0,000	18,220	30,085	22,458	14,831
5	1,504	3,383	0,376	1,128	0,376	9,023	6,015	0,376	9,398	39,098	13,534	15,789
6	4,545	4,545	0,649	0,000	1,299	3,896	1,948	0,000	15,584	25,974	17,532	24,026
7	0,897	3,587	0,448	0,448	0,448	5,381	0,000	0,000	14,350	17,040	18,386	39,013
8	0,000	1,739	0,000	0,000	0,000	0,000	0,870	0,000	2,609	10,435	82,609	1,739
9	0,000	1,198	0,000	0,000	0,000	1,198	3,593	0,599	4,192	37,126	46,707	5,389
10	0,000	0,562	0,000	0,000	0,000	0,000	6,180	4,494	8,989	12,921	4,494	62,360
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,870	11,304	6,957	9,565	2,609	0,000	68,696
12	0,000	1,376	1,376	0,000	0,000	0,917	13,761	10,550	21,101	7,339	0,917	42,661
13	0,000	0,800	0,800	0,000	0,000	0,267	18,667	45,600	25,333	3,200	0,533	4,800

Ao observar a Tabela 3, é possível destacar o MSC, o EM e o GoG são as áreas que mais caracterizam os agrupamentos formados através do *SOM 2D*, à exceção do agrupamento 13 que é principalmente caracterizado pelo GoA e o OI.

De modo a entender a disposição dos agrupamentos presentes na Matriz-U e comparando com os dados da Tabela 3, é possível entender o porquê da proximidade de certos agrupamentos, nomeadamente dos agrupamentos 10 e 11, uma vez que estes focam-se maioritariamente na área do GoG, no entanto, a proximidade existentes entre os agrupamentos fica mais explícita quando esta é comparada com os padrões de ataque (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise dos agrupamentos face à classificação do ataque (em %) com recurso ao *SOM 2D*

Agrupamento	Danificado	Hijack	Roubo	Sequestro	Rapto	Feridos	Mortos	Não Conseguido
1	0,00	0,00	0,00	1,53	0,38	3,05	0,00	95,04
2	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	2,30	0,00	97,38
3	15,79	10,53	10,53	10,53	26,32	5,26	10,53	10,53
4	0,00	0,00	91,47	4,65	1,16	2,71	0,00	0,00
5	0,00	0,00	96,03	2,53	0,36	1,08	0,00	0,00
6	0,00	0,00	77,78	13,13	4,55	4,55	0,00	0,00
7	0,00	1,83	67,68	12,80	5,18	11,59	0,91	0,00
8	0,00	0,00	71,52	17,09	1,90	9,49	0,00	0,00
9	0,00	4,51	66,80	18,85	3,28	6,56	0,00	0,00
10	0,00	23,38	30,99	21,69	13,80	8,73	1,41	0,00
11	7,69	19,58	2,80	16,08	20,28	2,80	3,50	27,27
12	10,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	88,64
13	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	0,00	98,43

Ao observar a Tabela 4, e comparando com a Matriz-U, é possível entender a razão pela qual os agrupamentos 1,2,12 e 13 se encontram juntos, uma vez que a Matriz-U dispõe os agrupamentos conforme as semelhanças entre si, e estes quatro agrupamentos apresentam elevadas percentagens de ataques sem sucesso. De seguida e observando os dados relativamente aos agrupamentos 3 e 11, é possível visualizar que no que concerne aos padrões de ataque diferem dos restantes, no entanto e quando comparada com a Tabela 3, estes apresentam percentagens semelhantes na área do GoG com os agrupamentos 2 e 10, respetivamente o que pode justificar a sua proximidade na

Matriz-U. Por fim os restantes agrupamentos, concentram-se em ataques que resultaram em roubo.

Ao comparar as duas tabelas, podemos observar que existe um equilíbrio na classificação de ataque das áreas mais afetadas, por exemplo, o EM é uma área que é predominante no agrupamento 1 e 8, e quando comparado com a Tabela 4, é possível ver que o agrupamento 1 é maioritariamente representado por ataque sem sucesso, enquanto o agrupamento 8 é representado maioritariamente por ataques classificados como roubo.

4.3 SOM 3D

4.3.1 Aplicado ao Estado Bandeira

Nesta abordagem foram usadas duas versões do *Matlab*, de modo a conseguir atingir o resultado pretendido. Inicialmente usando a versão de 2010, foi executado o SOM com as seguintes parametrizações:

- **Algoritmo de Treino:** “Batch”
- **Tamanho do Mapa:** 3x3x3;
- **Função de Vizinhança:** Gaussiana – “*Gaussian*”;
- **Tipo de Inicialização:** Aleatória “*Randinit*”;
- **Número de iterações:** 100

Tabela 5- Resultados obtidos com os dados referentes aos Estado bandeira. Onde σ representa o desvio padrão

Inicialização Aleatória	Erros	SOM 3D
Modelo com menor EQ	EQ	1.662
	ET	0.159
Média de Valores	EQ	1.745 ($\sigma = 0.056$)
	ET	0.168 ($\sigma = 0.081$)

Neste caso, o modelo com menor EQ também apresenta um ET abaixo da média, e por isso foi o modelo escolhido para ser representado.

Após a escolha do modelo é atribuída uma *BMU* a cada um dos países com base nos dados da tabela e a cada *BMU* é atribuído um esquema de cores de modo a colorir o mapa-mundo (Figura 44) que será representado através do *Matlab* na versão 2018. (Figura 45).

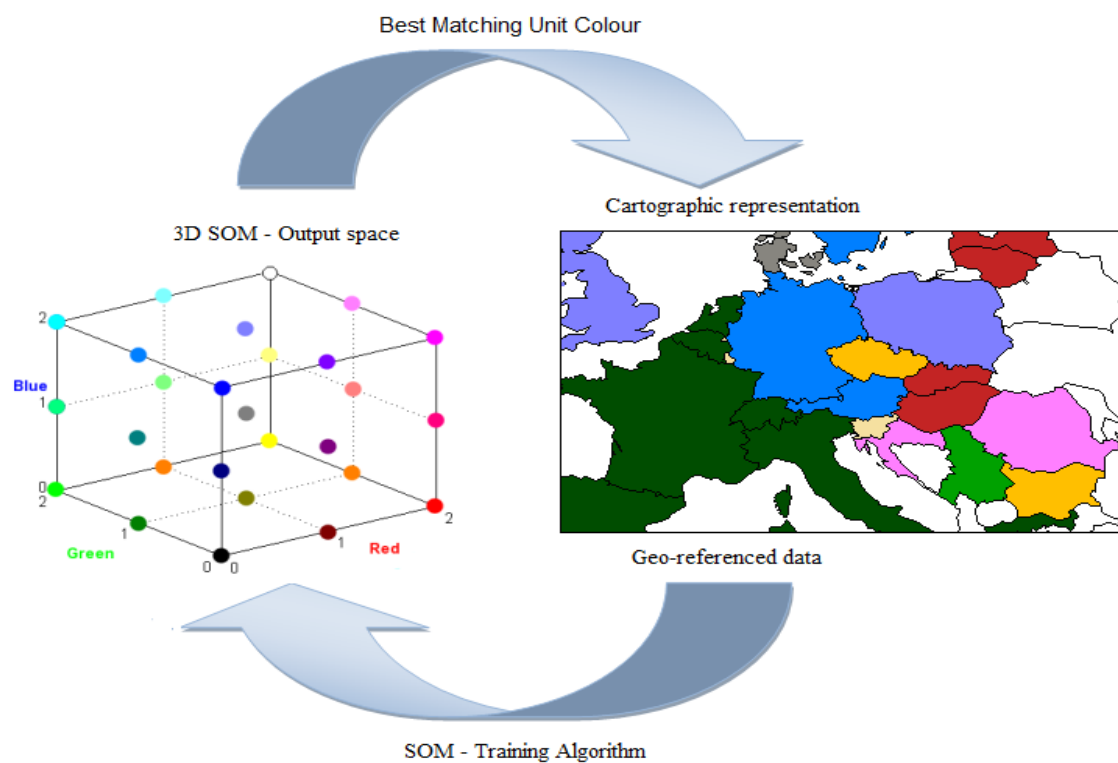


Figura 44 - Exemplo da associação das *BMU* à representação geográfica

Fonte: (J. M. L. Gorricha & Lobo, 2011)

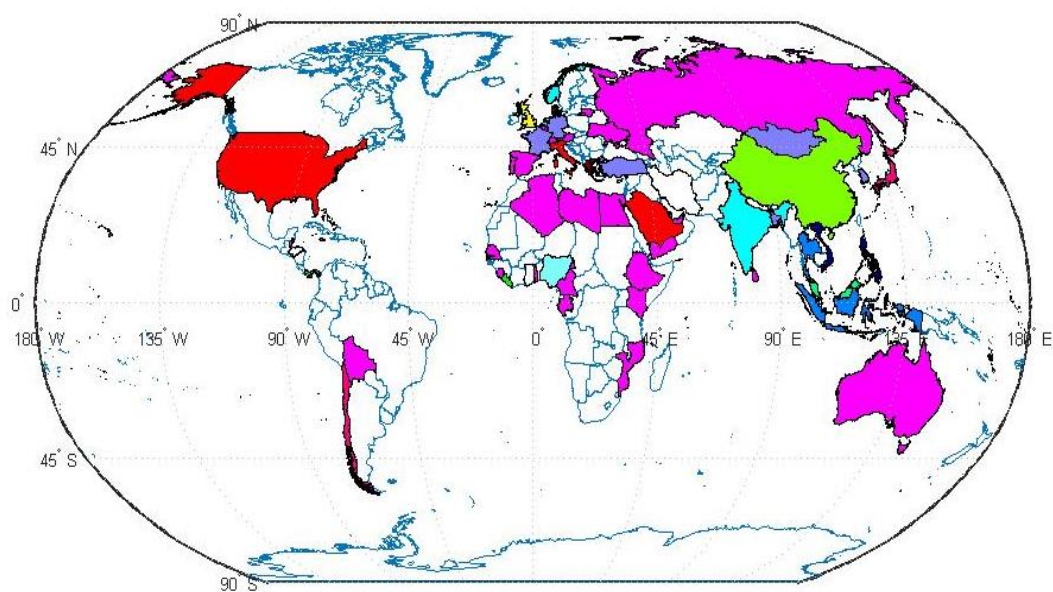






Figura 45 - Mapa de cores referentes à relação entre os casos de pirataria e os Estados bandeira com recurso ao SOM 3D

Na Figura 45 estão representados todos os Estados bandeira afetados pelo fenómeno da pirataria e a relação entre os mesmos, ou seja, cada cor atribuída, referente ao código de cores primárias, vermelho, verde e azul (conhecido usualmente por *RGB*), representa um agrupamento de dados. Como nesta abordagem foi usado um mapa 3x3x3 era possível obter até 27 agrupamentos de dados, sendo que neste caso nem todos os agrupamentos tiveram Estados bandeira atribuídos.

Tabela 6 - Agrupamentos e código de cores atribuídos a cada Estado bandeira

Agrupamentos	Cores	Países
1		Bahamas
3		Libéria, Ilhas Marshall, Panamá e Singapura
4		Dinamarca e Grécia
5		Antígua e Barbuda
6		China
7		Barbados, Itália, Arábia Saudita e EUA
9		Malta e Reino Unido
10		Filipinas, S. Vicente e Granadinas, Vietname

12		Malásia
16		Chile, Japão, Seicheles, Tanzânia e Vanuatu
20		Indonésia e Tailândia
21		Chipre, Índia, Países Baixos e Noruega
23		Bangladesh, França, Alemanha, Gibraltar, Coreia do Sul, Luxemburgo, Mongólia e Turquia
24		Nigéria
25		Gabão, Lituânia, Suíça, EAU, Argélia, Austrália, Áustria, Bahrain, Bélgica, Belize, Bermudas, Bolívia, Brunei, Camarões, Ilhas Caimão, Comoros, Ilhas Cook, Dominica, Egito, Etiópia, Jamaica, Quênia, Kiribati, Líbia, Moçambique, Niue, Palau, Portugal, Qatar, Rússia, Senegal, Serra Leoa, Espanha, Sri Lanka, Togo, Tuvalu, Ucrânia, Iémen
27		S. Cristóvão e Neves, Gana, Honduras e Irão

Com base no código de cores atribuído a cada agrupamento, e de modo a ter um melhor perceção das áreas onde cada caso de pirataria ocorreu, recorreu-se ao *Matlab* para uma representação geográfica destes dados (Figura 46).

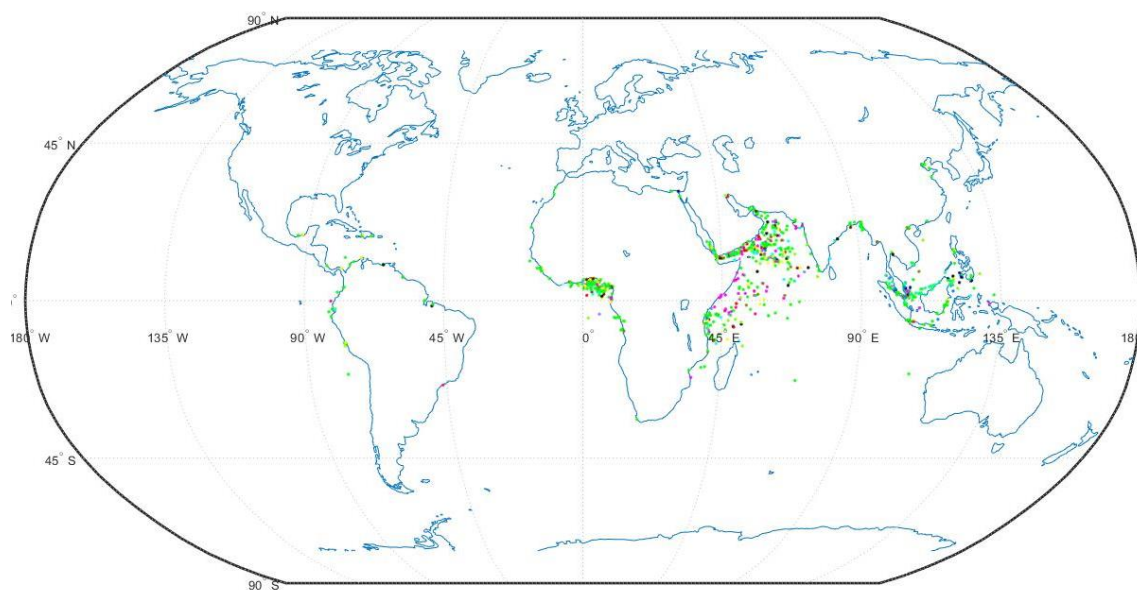


Figura 46 - Representação Geográfica dos casos com base no código de cores atribuídas aos agrupamentos referenciados na Tabela 6

Relativamente aos agrupamentos gerados, e por forma a compreendê-los melhor, irá ser feita uma análise relativamente à classificação do ataque, à área, ao que foi roubado, à área de navegação e ao estado do navio, uma vez que foram estas as variáveis utilizadas nesta abordagem.

Tabela 7 - Análise dos Agrupamentos face à classificação do ataque

Agrupamentos	Hijack	Danificado	Roubo	Sequestro	Rapto	Feridos	Mortos	NãoConseguido
1	2,941	1,471	52,941	5,882	1,471	4,412	1,471	45,588
3	3,319	1,483	50,989	7,768	3,390	3,814	0,353	44,138
4	1,639	4,918	37,705	3,279	8,197	9,836	1,639	50,820
5	6,349	1,587	52,381	15,873	4,762	1,587	0,000	36,508
6	3,067	0,613	44,785	10,429	4,294	4,908	0,000	50,307
7	7,353	4,412	42,647	8,824	2,941	0,000	0,000	47,059
9	4,516	1,290	43,871	9,032	5,806	7,097	0,645	51,613
10	3,922	0,000	50,980	19,608	7,843	9,804	1,961	45,098
12	13,333	0,000	61,111	26,667	6,667	11,111	0,000	23,333
16	4,348	8,696	52,174	8,696	0,000	0,000	0,000	34,783
20	23,404	0,000	53,191	38,298	6,383	6,383	0,000	25,532
21	2,817	1,408	42,958	8,451	2,817	6,338	0,000	50,704
23	10,667	0,000	48,000	16,000	8,000	20,000	0,000	44,000
24	15,000	0,000	50,000	30,000	25,000	15,000	5,000	30,000
25	9,649	0,000	39,474	13,158	11,404	8,772	0,000	46,491
27	25,000	0,000	50,000	12,500	29,167	25,000	20,833	16,667

Com base na Tabela 7 - Análise dos Agrupamentos face à classificação do ataque é possível visualizar que grande parte dos agrupamentos formados focam-se no “Roubo” e “Não Conseguido”, sendo que esta informação já era expectável uma vez, que como demonstrado anteriormente, estas duas variáveis são as mais comuns relativamente à classificação do ataque. No entanto, é necessário realçar os agrupamentos 12 e 20 que apresentam uma maior percentagem de casos onde ocorreu sequestro face ao “Não Conseguido” e o agrupamento 27 onde a distribuição é mais uniforme face a todos os outros agrupamentos.

Tabela 8 - Análise dos Agrupamentos face à Área

Agrupamentos	AS(A)	AS(P)	GP	Mam	MM	AS(C)	MA	GoA	OI	MSC	EM	GoG
1	7,353	0,000	0,000	0,000	0,000	7,353	5,882	5,882	14,706	17,647	17,647	23,529
3	0,636	2,895	0,424	0,565	0,141	2,754	5,932	7,980	12,924	17,585	23,870	24,294
4	3,279	1,639	1,639	0,000	0,000	1,639	11,475	6,557	13,115	13,115	19,672	27,869
5	1,587	4,762	1,587	0,000	0,000	3,175	9,524	6,349	25,397	12,698	1,587	33,333
6	0,613	6,135	0,613	0,613	0,000	3,681	3,067	9,202	12,270	19,632	26,994	17,178
7	1,471	0,000	1,471	0,000	0,000	10,294	8,824	7,353	13,235	13,235	17,647	26,471
9	0,000	1,935	0,000	1,935	0,000	8,387	5,806	8,387	14,194	15,484	12,258	31,613
10	5,882	1,961	1,961	1,961	5,882	1,961	3,922	9,804	9,804	33,333	21,569	21,569
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,111	45,556	50,000	3,333
16	4,348	8,696	0,000	4,348	0,000	0,000	4,348	8,696	21,739	13,043	13,043	21,739
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,255	0,000	6,383	40,426	48,936	0,000
21	0,000	1,408	0,000	0,000	0,000	0,704	9,859	9,859	14,085	14,789	21,831	27,465
23	0,000	4,000	0,000	0,000	0,000	1,333	9,333	10,667	10,667	13,333	21,333	29,333
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,877	14,035	8,772	24,561	8,772	19,298	23,684
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,167	12,500	4,167	12,500	20,833	45,833

Relativamente à área, e com base na Tabela 8 é possível observar que, à semelhança do que foi dito da classificação do ataque, os agrupamentos centram-se maioritariamente nas cinco áreas mais afetadas pela pirataria, de salientar o agrupamento 5 que apenas apresenta 1,6% dos casos no Estreito Malacca, sendo esta a segunda área mais afetada pela pirataria. Além deste, também o agrupamento 10, uma vez que é o único agrupamento que apresenta um valor considerável no Mar Mediterrâneo, o agrupamento 12 e 20, os quais apresentam aproximadamente 96% e 89% dos casos apenas no Estreito Malacca e no Mar do Sul da China e o agrupamento 24 que apenas contém casos no Golfo da Guiné.

Tabela 9 - Análise dos Agrupamentos face ao estado do navio, área de navegação e carga/valores roubados

Agrupamentos	Navegar	Fundado	Atracado	Águas Internacionais	Mar Territorial	Área Portuária	Valores Roubados	Carga Roubada
1	39,706	55,882	4,412	35,294	38,235	26,471	42,647	19,118
3	44,915	49,576	5,508	33,686	39,901	26,412	40,184	16,031
4	49,180	47,541	3,279	42,623	40,984	16,393	31,148	9,836
5	42,857	52,381	4,762	38,095	38,095	23,810	38,095	30,159
6	48,466	43,558	7,975	34,969	38,037	26,994	33,129	15,337
7	35,294	60,294	4,412	33,824	36,765	29,412	35,294	16,176
9	53,548	42,581	3,871	43,871	34,839	21,290	35,484	15,484
10	58,824	31,373	9,804	47,059	29,412	23,529	43,137	21,569
12	94,444	4,444	1,111	40,000	54,444	5,556	61,111	24,444
16	56,522	43,478	0,000	52,174	26,087	21,739	34,783	26,087
20	74,468	23,404	2,128	48,936	29,787	21,277	63,830	29,787
21	46,479	50,000	3,521	41,549	34,507	23,944	37,324	11,972
23	62,667	37,333	0,000	53,333	30,667	16,000	44,000	17,333
24	90,000	5,000	5,000	85,000	10,000	5,000	55,000	5,000
25	64,912	35,088	0,000	50,877	33,333	15,789	35,965	12,281
27	62,500	37,500	0,000	45,833	37,500	16,667	50,000	12,500

Por fim, as variáveis referentes ao estado do navio, área de navegação e material roubado (Tabela 9). Relativamente ao estado do navio, todos os agrupamentos apresentam uma maior percentagem de casos quando a navegar ou fundeados. Enquanto que do agrupamento 1 até ao 9 os valores são mais uniformes, excetuando o agrupamento 1 e o agrupamento 7 que apresentam diferenças superiores a 15% entre a variável “fundado” e a variável “navegar”. A partir do agrupamento 10 a discrepância aumenta, de realçar os agrupamentos 10, 20 e 24 que apresentam 94%, 74% e 90% dos casos a navegar, respetivamente.

Quanto à área de navegação, apenas o agrupamento 12 e 24 diferem de forma mais notória dos restantes, uma vez que o agrupamento 12 apenas apresenta aproximadamente 6% dos casos em área portuária, enquanto que o agrupamento 24 apresenta a sua maioria em águas internacionais.

Relativamente ao material roubado, todos os agrupamentos apresentam maiores valores quando se trata de valores roubados. De salientar, que nos agrupamentos 4,6,21 e 25, a percentagem de material roubado não atinge os 50%.

4.3.2 Análise Temporal

Esta abordagem tem como objetivo fazer uma análise temporal da pirataria para perceber se ao longo dos últimos dez anos, este fenómeno sofreu alterações ou se os padrões de ataque nesse período se mantiveram. Para isso, e com recurso ao *Matlab*, irá ser criada uma matriz que vai atribuir uma cor a cada área anualmente. Posteriormente será criada uma matriz de padrões, onde cada cor que foi à matriz anteriormente referida, será caracterizada consoante as variáveis que contribuíram para a mesma. Quanto à primeira matriz, as cores da mesma são coincidentes com o código de cores primárias, enquanto que na matriz de padrões variam numa escala de preto, valores mais baixos atribuídos, até branco, valores mais altos atribuídos a cada variável como proposto por (J. Gorricha, 2015).

Esta abordagem vai ser efetuada em três partes, sendo que a primeira irá ser feita apenas tendo em conta os tipos de navio que foram alvos de ataques por cada área, a segunda será com todas as variáveis à exceção do “Tipo de Navio”, “Estado Costeiro” e “Estado Bandeira”, e por fim serão usadas todas as variáveis exceto o “Estado Costeiro” e “Estado Bandeira” uma vez que são variáveis de grandes dimensões e iriam aumentar imenso o nosso espaço de *input*, o que tornaria difícil a visualização no final.

Nesta abordagem, a parametrização do *SOM* foi sempre a mesma para os três casos:

- **Algoritmo de Treino:** “Batch”,
- **Tamanho do Mapa:** 3x3x3;
- **Função de Vizinhança:** Gaussiana – “*Gaussian*”;
- **Tipo de Inicialização:** Aleatória “*Randinit*”;
- **Número de iterações:** 100

Tabela 10 - Resultados obtidos com os dados referentes ao "Tipo de Navio"

Inicialização Aleatória	Erros	SOM 3D
Modelo com menor EQ	EQ	0.437
	ET	0.045
Média de Valores	EQ	0.456 ($\sigma = 0.010$)
	ET	0.057 ($\sigma = 0.026$)

Neste caso e apesar de o modelo com menor EQ apresentar um ET abaixo da média, foi optado por um modelo que apresentasse um EQ semelhante (0.439) e um ET mais baixo (0.023), o que originou a Figura 47.

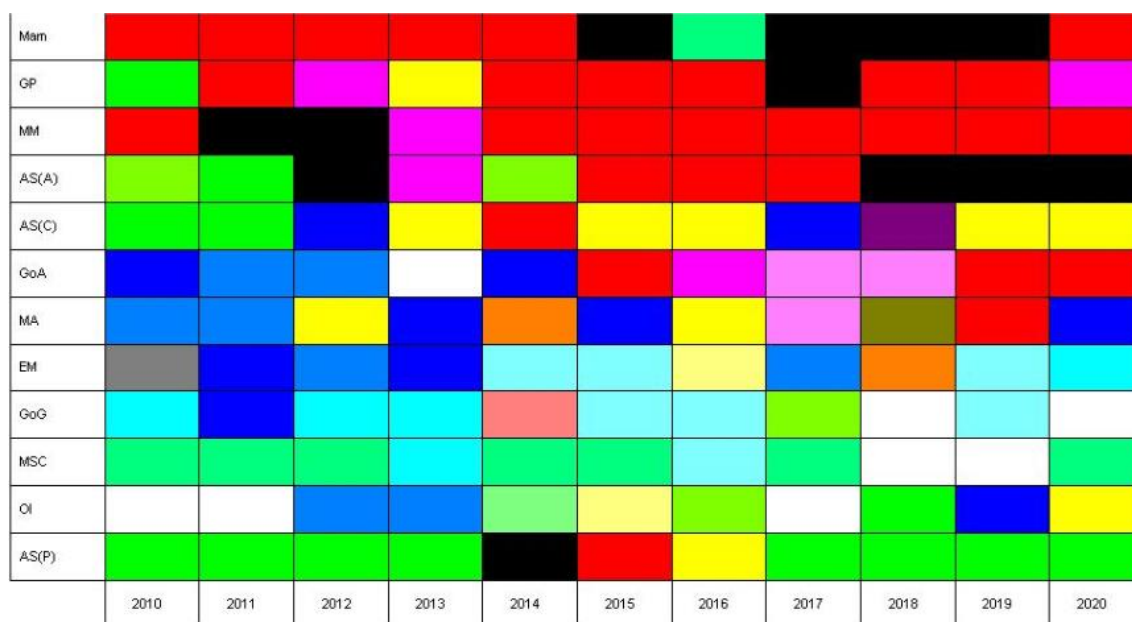


Figura 47 - Matriz obtida com o modelo escolhido para as variáveis do "Tipo de Navio"

Ao observar a imagem anterior, é possível reparar que as áreas mais afetadas encontram-se praticamente todas juntas, isto deve-se ao facto de ter sido utilizado o *SOM* de 1 dimensão para agrupar as áreas por semelhança tendo em conta as variáveis que estão a ser utilizadas.

Ao visualizar a Figura 47, é possível observar que entre 2010 e 2013, as áreas do GoA, MA e EM apresentam padrões semelhantes entre si, no entanto, a partir de 2015 tanto a área do GoA como do MA começam a dispersar relativamente às restantes áreas mais afetadas e começam a obter padrões semelhantes às restantes áreas.

Das áreas mais afetadas, a que apresenta um padrão mais constante nos últimos dez anos, é o MSC.

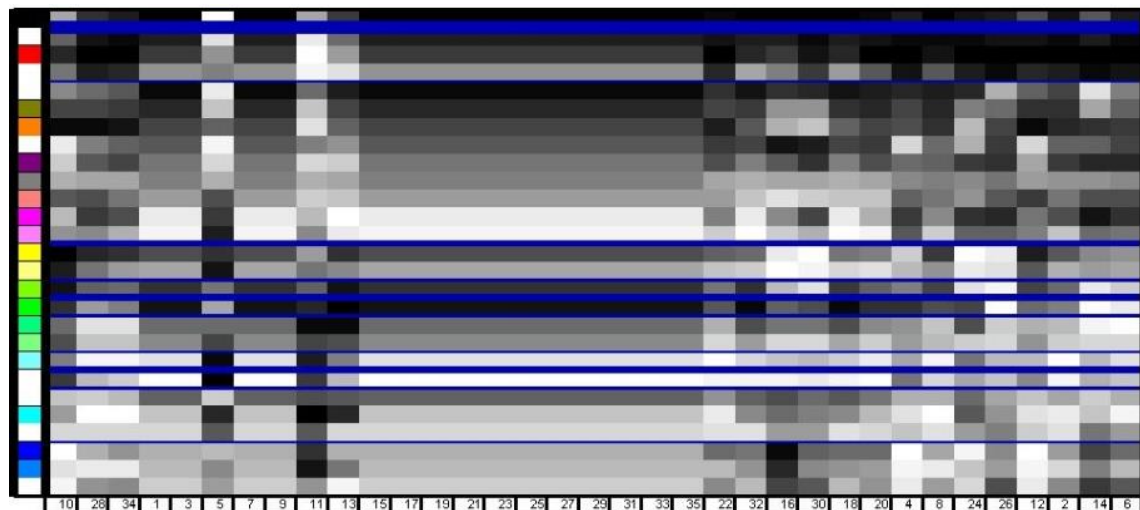


Figura 48 - Matriz de descodificação das cores presentes na Figura 47

Esta matriz tem como objetivo descodificar as cores apresentadas na Figura 47, fazendo referência às variáveis que mais contribuem para cada uma das cores. Como é possível observar, as variáveis às quais correspondem os números 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33 e 35, contribuem todas de maneira igual para cada uma das cores atribuídas, não acrescentando nenhuma informação pertinente aos padrões. Uma descrição para o número atribuído a cada variável encontra-se no Apêndice C – Numeração das Variáveis nas Matrizes de Descodificação

Tabela 11 - Resultados obtidos com os dados referentes a todas as variáveis exceto "Tipo de Navio", "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"

Inicialização Aleatória	Erros	SOM 3D
Modelo com menor EQ	EQ	0.682
	ET	0.023
Média de Valores	EQ	0.712 ($\sigma = 0.017$)
	ET	0.038 ($\sigma = 0.027$)

Neste caso, o modelo com menor EQ também apresenta um valor do ET bastante aceitável, pelo que este foi o modelo escolhido e representado na Figura 49.



Figura 49 - Matriz obtida com o modelo escolhido para todas as variáveis exceto "Tipo de Navio", "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"

Na matriz da Figura 49, é possível visualizar diferentes padrões dentro das áreas mais afetadas. Relativamente ao GoA, MA e OI, acontece o mesmo que referido anteriormente, onde todos permanecem idênticos até 2013, ano a partir do qual dispersam entre si. No caso do GoG, este apresenta padrões constantes ao longo dos

últimos 10 anos. No MSC e EM, os padrões são bastante idênticos o que pode ser resultado da posição geográfica das áreas, representando assim um padrão de ataque do Sudoeste Asiático e que permanece inalterável ao longo do período do presente estudo. No entanto, o caso mais relevante é na área do OI, uma vez que esta área sofre uma alteração a partir do ano de 2014 como referido, mas os padrões de ataques tendem a ir de encontro com os que incidem no MSC e no EM e não a dispersar para padrões de áreas menos afetadas.

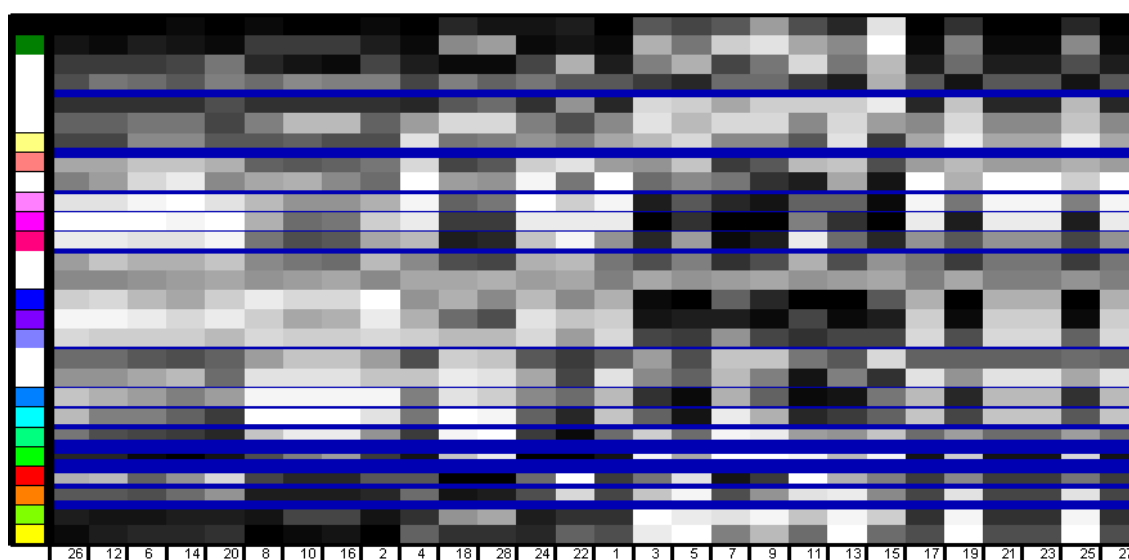


Figura 50 - Matriz de descodificação das cores presentes na Figura 49

Por fim, serão usadas todas as variáveis para comparar de modo geral a evolução da pirataria ao longo dos últimos anos.

Tabela 12 - Resultados obtidos com os dados referentes a todas as variáveis exceto "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"

Inicialização Aleatória	Erros	SOM 3D
Modelo com menor EQ	EQ	0.582
	ET	0.038

Média de Valores	EQ	0.602 ($\sigma = 0.012$)
	ET	0.042 ($\sigma = 0.032$)

Neste caso e apesar de o modelo com menor EQ apresentar um ET abaixo da média à semelhança do primeiro caso, também foi optado por um modelo que apresentasse um EQ semelhante (0.584) e um ET mais baixo (0.023), o que originou a Figura 51.

AS(F)											
GoA											
OI											
MSC											
GoG											
EM											
MA											
AS(C)											
GP											
MM											
AS(A)											
Mam											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020

Figura 51 - Matriz obtida com o modelo escolhido para todas as variáveis exceto "Estado Bandeira" e "Estado Costeiro"

Relativamente a esta matriz, mais uma vez as áreas mais afetadas aparecem agrupadas e pode-se observar novamente que as mesmas apresentam padrões idênticos entre si até 2013. No ano de 2014 volta-se a verificar uma alteração nos padrões que existiam até à data nas áreas do GoA, OI e MA. Esta alteração simultânea nestas três áreas pode estar relacionada com a proximidade geográfica das mesmas e com as missões anti-pirataria que se têm vindo a desenvolver nessa zona, levando assim a uma alteração de padrões de ataque.

Relativamente ao MSC, ao GoG e ao EM mantém um padrão idêntico entre si ao longo dos últimos dez anos.

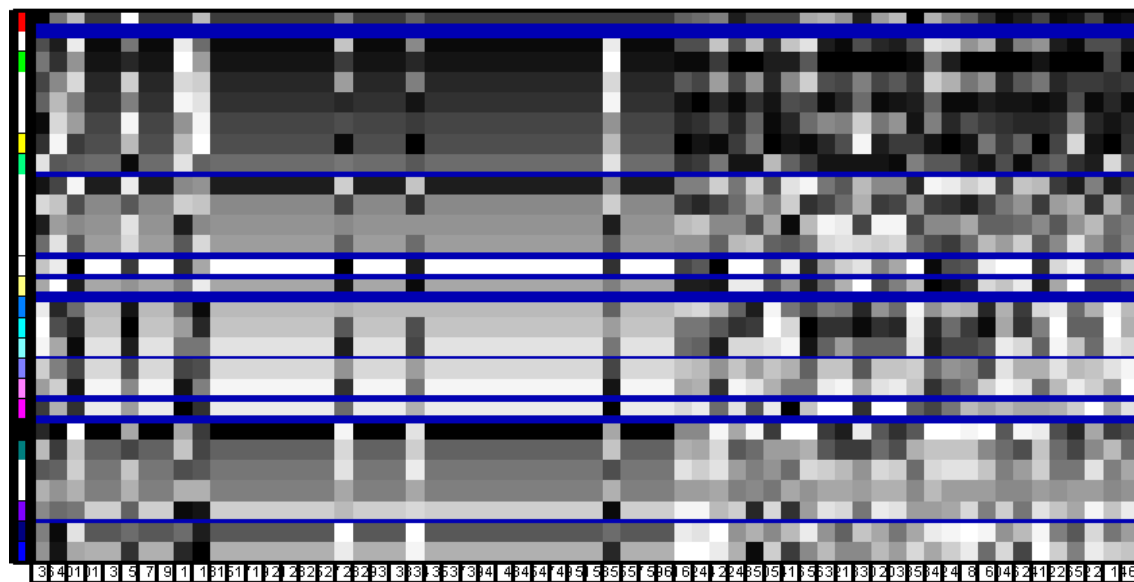


Figura 52 - Matriz de decodificação das cores presentes na Figura 51

Conclusão

Neste estudo foi conduzida uma análise exploratória dos dados referentes ao fenómeno da pirataria marítima, no período compreendido entre 2008 e 2020 e disponibilizados pela *International Maritime Organization* e pelo Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais da Marinha Portuguesa, por forma a caracterizar o fenómeno e identificar fatores determinantes nos padrões dos ataques.

Para o efeito, e para delinear as etapas da condução do estudo, foi utilizada a metodologia DRS em conjunto com uma análise quantitativa e qualitativa, conforme disponibilidade dos dados e das fontes existentes.

Após a recolha e tratamento dos dados, foi efetuada uma pesquisa sobre o estado da arte nesta área do conhecimento, designadamente no que concerne às técnicas utilizadas para análise e principais conclusões dos estudos conduzidos sobre a matéria

Assim e com base no conhecimento adquirido, iniciou-se um pré-processamento de dados para que estes pudessem ser aplicados. Após este pré-processamento, foi realizado uma análise das variáveis presentes no estudo para adquirir mais conhecimento sobre as mesmas, de modo que, posteriormente as conclusões que fossem alcançadas pudessem ser justificadas com base nessa análise.

Por fim e com o intuito de atingir os objetivos propostos, seguindo e aprofundando o trabalho desenvolvido no CINAV na área de identificação de padrões, recorreu-se ao *SOM* de uma, duas e três dimensões para a análise dos dados, complementando os resultados obtidos com as matrizes de padrões, utilizadas para decodificar os padrões e os agrupamentos formados.

Relativamente às questões propostas, foi possível concluir o seguinte:

- **“Existe correlação entre os ataques e as áreas afetadas?”**

Para responder a esta questão, recorreu-se essencialmente ao uso do *SOM* 1D e do *SOM* 2D, onde foram usadas todas as variáveis à exceção do “Estado Bandeira” e “Estado Costeiro” uma vez que estas foram tornadas exógenas. Ao garantir que a Matriz-U obtida pelo *SOM* 2D era coincidente com a projeção das *BMU* do *SOM* 1D,

foi construída uma tabela que com o objetivo de avaliar a correlação existente entre as áreas e os ataques de pirataria. Como demonstrado, existem áreas que são mais caracterizadoras deste fenómeno nomeadamente as áreas do MSC, EM e GoG. Esta conclusão é reforçada pela análise descritiva das variáveis, tendo sido possível observar que estas áreas são as que têm tido uma maior incidência dos ataques ao longo dos últimos anos e que quando comparado com o GoA, este apresenta um decréscimo significativo desde o ano de 2011, que como referido pode ser resultado das missões de anti-pirataria existentes nessa área. Para complementar esta informação, é possível visualizar na análise temporal efetuada com recurso ao SOM 3D, que existe uma maior correlação entre os ataques de pirataria e as cinco áreas mais afetadas EM, MSC, GoG, GoA e OI, sendo que também através desta análise se volta a verificar que as três primeiras áreas evidenciadas apresentam um padrão bastante semelhante entre si, enquanto que as restantes duas áreas começam a divergir nos padrões de ataque a partir do ano de 2013.

- **“Quais são os tipos de ataque mais recorrentes e que tipos de defesa por parte dos navios são mais eficientes?”**

Para esta questão, recorreu-se essencialmente aos resultados obtidos através da análise descritiva das variáveis. Assim, e relativamente ao tipo de ataque, a finalidade mais recorrente nestes ataques é o roubo, seja ele valores do navio ou carga que esteja a ser transportada. Paralelamente, e com recurso ao *SOM 3D*, foi ainda possível concluir que há uma maior incidência no roubo dos valores dos navios, do que na carga por sim transportada.

No que concerne às medidas de segurança, a que apresenta uma maior eficiência na prevenção do roubo, tendo em conta todos os ataques existentes e todas as medidas que contribuíram para que o ataque por parte de um navio pirata não fosse bem sucedido, é o uso de equipa de segurança a bordo. No que concerne ao impedimento de uma abordagem por parte de embarcações indesejadas, a realização de manobras evasivas foi o que mais vezes permitiu o navio conseguir seguir a sua rota sem roubo de qualquer tipo de mercadoria bem como ferimentos aos seus membros.

- **“Existe relação entre a Bandeira do navio e os ataques de pirataria?”**

Com base na utilização do *SOM 3D*, suportado por um esquema de cores RGB associado a cada unidade, foi possível observar que existe relação entre as bandeiras dos navios e os padrões de ataque. Nesta abordagem foram formados 16 agrupamentos de Estados bandeira, em que em cada um deles apresentam características semelhantes entre si. No entanto, existem agrupamentos que apenas contêm um país e nesse caso, esse padrão de ataque apenas é característico desse Estado bandeira.

Dos agrupamentos formados, no que concerne à classificação do ataque, os ataques que consistem em roubo ou num ataque sem sucesso predominam praticamente em todos os agrupamentos, à exceção dos agrupamentos 12, 20, 24 e 27.

Relativamente ao agrupamento 12, que é constituído pelo estado bandeira referente à Malásia, apresenta em conjunto com os restantes agrupamentos uma elevada percentagem em ataques classificados como roubo (61%) no entanto, este estado bandeira difere dos restantes devido ao facto de apresentar uma maior percentagem de sequestros (aprox. 27%) face a ataques sem sucesso (23%).

O agrupamento 20, constituído pela Indonésia e Tailândia e tal como o agrupamento 12, também apresenta uma maior percentagem de sequestros (38%) face a ataques sem sucesso (25%). Para além desta característica, este agrupamento também apresenta uma percentagem de *hijack* (23%) semelhante à percentagem de ataques sem sucesso.

O agrupamento 24, que é representado pela Nigéria, para além de apresentar uma percentagem de casos de sequestro igual à percentagem de ataques sem sucesso (30%), também apresenta uma elevada percentagem de raptos (25%), o que pode sugerir que este estado bandeira é bastante caracterizado por pedidos de resgate uma vez que em 55% dos casos, o ataque consistiu num sequestro ou rapto.

Por fim o agrupamento 27, que consiste nos estados bandeira referentes a São Cristóvão e Neves, Gana, Honduras e Irão. Este agrupamento é o que apresenta maiores percentagens em ataques referentes a *hijack* (25%), rapto (29%), e ataques dos quais resultam feridos e morto, (25%) e (aprox. 21%) respetivamente.

Sobre esta questão é de realçar a relação existente entre os Estados de bandeira que são mais afetados, nomeadamente a Libéria, as Ilhas Marshall, o Panamá e Singapura uma vez que estes constituem o agrupamento 3, o que demonstra que para além de serem os mais afetados, os padrões de ataque também são idênticos entre si.

- **“Os padrões existentes nos ataques de pirataria são semelhantes entre as áreas afetadas ou diferem bastante entre si?”**

Face às áreas afetadas e com base nos resultados obtidos através do *SOM 3D*, é possível distinguir dois grandes grupos que diferem bastante entre si, sendo que no primeiro grupo estão englobadas as cinco áreas mais afetadas (EM, MSC, GoG, GoA, OI) e o Mar Árábico, enquanto no segundo grupo as restantes áreas. Estes grupos diferem não só no número de casos como também no panorama geral uma vez que apresentam diferentes padrões de ataques. O facto do MA se juntar ao grupo das áreas mais afetadas pode dever-se ao facto de ser uma área adjacente ao GoA e com isso ficar sujeito a padrões de ataques semelhantes à área referida.

Relativamente ao primeiro grupo mencionado, estes apresentam padrões semelhantes até 2013, ano a partir do qual o GoA e o OI sofreram uma alteração nos padrões de ataque enquanto as restantes áreas mantiveram o mesmo padrão. Relativamente ao segundo grupo este manteve o padrão de ataque sempre semelhante entre todas as áreas não sofrendo grandes alterações.

- **“Como evoluiu o fenómeno da pirataria nas várias áreas ao longo do tempo?”**

Com base nos resultados obtidos com a utilização do *SOM 3D* foi possível concluir que o fenómeno da pirataria sofreu uma alteração entre 2013 e 2014. O grupo das áreas mais afetadas já não apresenta os padrões semelhantes que apresentavam até então. A partir do ano de 2014 as áreas do GoG, MA e OI começaram a aproximar-se mais dos padrões existentes na América do Sul Central. Este acontecimento pode estar relacionado com as ações anti-pirataria que se têm vindo a desenvolver no GoA e que têm vindo a contribuir para uma redução de ataques. Já no GoG, EM e MSC os padrões

alteraram face aos existentes até 2013, no entanto, permanece com padrões de ataque semelhantes sendo estas as três áreas que têm sido mais afetadas ao longo dos últimos anos e consequente as áreas mais preocupantes.

Face às respostas dadas às questões iniciais, é possível afirmar que a pirataria continua a ser um fenómeno bem presente nos nossos dias e que não se mantém linear ao longo dos anos, havendo sempre alterações nos padrões existentes.

O uso de missões anti-pirataria tem vindo a contribuir para o decréscimo de ataques principalmente no GoA, uma vez que esta era das áreas mais afetadas inicialmente e nos dias que correm e com base nos dados presentes neste estudo o número de casos nos últimos anos é bastante reduzido, no entanto, existem áreas que ainda causam preocupação e que é aconselhável que sejam tomadas medidas para as contrariar esta evolução.

Como considerações finais e tendo em conta as hipóteses que foram propostas a testar no presente estudo, conclui-se que, relativamente à primeira hipótese, **“Os dados recolhidos e disponibilizados pelas diversas instituições permitem uma caracterização da pirataria marítima e a produção de conhecimento relevante sobre o referido fenómeno, que permitam a resposta aos objetivos elencados.”** e apesar dos dados utilizados apenas serem referentes aos últimos doze anos, estes permitiram uma excelente caracterização do fenómeno, uma vez que permitiram descrevê-lo relativamente ao período dos ataques, áreas afetadas, países afetados, tipos de ataques que são praticados, medidas de segurança adotadas, armamento e tipo de roubo. Com base em todos estes dados foi possível atingir os objetivos inicialmente propostos bem como adquirir novos conhecimentos relativamente a este fenómeno.

Para além do cumprimento dos objetivos propostos, a base de dados construída no presente estudo possibilita que futuramente sejam desenvolvidas outras abordagens de análise uma vez que esta compila os dados dos últimos doze anos de forma pormenorizada.

Relativamente à segunda hipótese a testar: **“A utilização de técnicas de visualização de dados, baseadas na utilização combinada de SOMs com uma, duas**

e três dimensões permitem uma melhor caracterização do fenómeno da pirataria marítima e a descoberta de relações e padrões existentes nos dados que não são visíveis pelo uso das técnicas de estatística descritiva”, estas técnicas revelaram-se bastante úteis na descoberta de padrões existentes no fenómeno da pirataria bem como as relações existentes entre as diferentes áreas e os diferentes estados de bandeira que são alvo destes ataques. Tanto os padrões como as relações existentes encontradas através do algoritmo do *SOM*, não eram visíveis apenas recorrendo às estatísticas uma vez que este algoritmo e mediante a dimensão utilizada e as abordagens efetuadas, consegue efetuar correlações entre os dados com base num elevado número de variáveis.

Trabalhos Futuros

Como foi referido, este estudo foca-se maioritariamente nas relações existentes entre os casos de pirataria, as áreas afetadas e os estados bandeira alvos destes ataques. Com base na dimensão da base de dados criada e nas variáveis existentes, é proposto que no futuro sejam efetuados trabalhos com os seguintes objetivos:

- Ampliar o estudo das relações existentes de modo a descobrir padrões existentes relativamente às restantes variáveis existentes neste estudo;
- Desenvolvimento de um estudo com vista a alocar forças para missões de anti-pirataria nas áreas mais afetadas tendo por base os meios disponíveis e os recursos a nível de material e pessoal.
- Compreender, à luz das metodologias propostas, a relação entre os fenómenos socioeconómicos, culturais das áreas mais afetadas influenciam o fenómeno;
- Relacionar as zonas afetadas com as rotas de navegação, cruzando os dados obtidos com os dados de navegação existentes

Referências Bibliográficas

- About ReCAAP Information Sharing Centre /combating maritime robbery, sea piracy. (n.d.). Retrieved March 19, 2021, from https://www.recaap.org/about_ReCAAP-ISC
- Baço, F., Lobo, V., & Painho, M. (2004). *Clustering census data: comparing the performance of self-organising maps and k-means algorithms*.
- Baço, F., Lobo, V., & Painho, M. (2008). *The Self-Organizing Map and it ' s Variants as Tools for Geodemographical Data Analysis : the Case of Lisbon ' s Metropolitan Area*.
- BIMCO, ICS, IGP&I Clubs, INTERTANKO, & OCIMF. (2018). *Best Management Practices to Deter Piracy and Enhance Maritime Security in the Red Sea, Gulf of Aden, Indian Ocean and Arabian Sea*.
- Bouejla, A., Chaze, X., Guarnieri, F., & Napoli, A. (2014). A Bayesian network to manage risks of maritime piracy against offshore oil fields. *Safety Science*, 68, 222–230. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.010>
- Bowden, A. (2010). The Economic Costs of Maritime Piracy. *One Earth Future Foundation*, December, 1–25.
- Brook, T. (1998). *The Confusions of Pleasure* (1st ed.). University of California Press. <http://www.jstor.org/stable/10.1525/j.ctt1ppch9>
- Cohen, M. A. A. (2017). *Maritime Foreign Internal Defense in Bangladesh*.
- Cortez, P., & Neves, J. (2000). *Redes Neurais Artificiais*. Universidade do Minho.
- David, M., Neil, S., Hinton, H. P., Farr, D., Colomb, Y., Anderson, J., & Piracy, M. (2010). *Marine Piracy*.
- Davis, R. (2003). *Christian Slaves, Muslim Masters - White Slavery in the Mediterranean, The Barbary Coast, and Italy, 1500-1800* / R. Davis / Palgrave Macmillan (1st ed.). Palgrave Macmillan UK.
- Dubner, B. (1997). Human Rights and Environmental Disaster — Two Problems That Defy the “Norms” of the International Law of Sea Piracy. *Syracuse J. Int'l L. & Com.*, 23.
- Elleman, B. A., Forbes, A., & Rosenber, D. (2010). Piracy and Maritime Crime: Historical and Modern Case Studies. In *Piracy and Maritime Crime: Historical and Modern Case Studies* (p. 276).

- Gorricha, J. (2009). *Visualization of Clusters in Geo-referenced Data Using Three-dimensional Self-Organizing Maps*.
- Gorricha, J. (2015). *EXPLORATORY DATA ANALYSIS USING SELF-ORGANISING MAPS DEFINED IN UP TO THREE DIMENSIONS*. NOVA Information Management School.
- Gorricha, J. M. L., & Lobo, V. J. A. S. (2011). On the use of three-dimensional self-organizing maps for visualizing clusters in georeferenced data. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 61–75. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19766-6_6
- Hassan, D., & Hasan, S. M. (2017). Origion, development and evolution of maritime piracy: A historical analysis. *International Journal of Law, Crime and Justice*, 49(2016), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijlcj.2017.01.001>
- Haykin, S. (1999). Neural networks: a comprehensive foundation by Simon Haykin, Macmillan, 1994, ISBN 0-02-352781-7. In *The Knowledge Engineering Review* (Vol. 13, Issue 4, pp. 23–67). <https://doi.org/10.1017/s0269888998214044>
- Heller-Roazen, D. (2010). The enemy of all: piracy and the law of nations. *Choice Reviews Online*, 47(11), 47-6524-47–6524. <https://doi.org/10.5860/choice.47-6524>
- Hsu, C. C. (2006). Generalizing self-organizing map for categorical data. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 17(2), 294–304. <https://doi.org/10.1109/TNN.2005.863415>
- Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data Clustering: A Review. *ACM Comput. Surv.*, 31(3), 264–323. <https://doi.org/10.1145/331499.331504>
- Jiang, M., & Lu, J. (2020). The analysis of maritime piracy occurred in Southeast Asia by using Bayesian network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 139(1), 101965. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101965>
- Kaski, S., & Kohonen, T. (1998). Tips for Processing and Color-coding of Self-Organizing Maps. In G. Deboeck & T. Kohonen (Eds.), *Visual Explorations in Finance: with Self-Organizing Maps* (pp. 195–202). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3913-3_14
- Kaski, S., Nikkill, J., & Kohonen, T. (1998). *Methods for Interpreting a Self-Organized Map in Data Analysis*.
- Kaski, S., Venna, J., & Kohonen, T. (1999). Coloring that reveals high-dimensional

- structures in data. *ICONIP 1999, 6th International Conference on Neural Information Processing - Proceedings*, 2, 729–734.
<https://doi.org/10.1109/ICONIP.1999.845686>
- Kiviluoto, K. (1996). Topology preservation in self-organizing maps. *Proceedings of International Conference on Neural Networks*.
- Kohonen, T. (1990). The Self-Organizing Map. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1464–1480. <https://doi.org/10.1109/5.58325>
- Kohonen, T. (1998). The self-organizing map. *Neurocomputing*, 21(1–3), 1–6.
[https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(98\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(98)00030-7)
- Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps* (Vol. 30). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-56927-2>
- Li, K. X., Yin, J., Bang, H. S., Yang, Z., & Wang, J. (2014). Bayesian network with quantitative input for maritime risk analysis. *Transportmetrica A: Transport Science*, 10(2), 89–118. <https://doi.org/10.1080/18128602.2012.675527>
- Lobo, V. (2009). Application of self-organizing maps to the maritime environment. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 19–36.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-00304-2_2
- Natita, W., Wiboonsak, W., & Dusadee, S. (2016). Appropriate Learning Rate and Neighborhood Function of Self-organizing Map (SOM) for Specific Humidity Pattern Classification over Southern Thailand. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(1), 61–65. <https://doi.org/10.7763/ijmo.2016.v6.504>
- Neethling, T. (2011). Piracy Around Africa's West and East Coasts: a Comparative Political Perspective. *Scientia Militaria - South African Journal of Military Studies*, 38(2), 89–108. <https://doi.org/10.5787/38-2-91>
- Panzac, D. (2005). *Barbary Corsairs: The end of a legend, 1800-1820* (L. ; B. : Brill (Ed.)).
- Pelz, D. (2021). *Why is piracy increasing on the Gulf of Guinea? | Africa | DW | 21.02.2021*. <https://www.dw.com/en/why-is-piracy-increasing-on-the-gulf-of-guinea/a-56637925>
- Penn, B. S. (2005). Using self-organizing maps to visualize high-dimensional data. *Computers and Geosciences*, 31(5), 531–544.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.10.009>

- Pilato, G., Augello, A., Missikoff, M., & Taglino, F. (2012). Integration of ontologies and Bayesian networks for maritime situation awareness. *Proceedings - IEEE 6th International Conference on Semantic Computing, ICSC 2012*, 170–177.
<https://doi.org/10.1109/ICSC.2012.25>
- Riveiro, M., Johansson, F., Falkman, G., & Ziemke, T. (2008). Supporting maritime situation awareness using Self Organizing Maps and Gaussian Mixture Models. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 173(January), 84–91.
<https://doi.org/10.3233/978-1-58603-867-0-84>
- Saul, J. (2017). *Yemen war adds to rising fears for ships in Horn of Africa* / Reuters.
<https://www.reuters.com/article/us-yemen-shipping-somalia-idUSKBN1851L3>
- Schmorrow, D. D., & Fidopiastis, C. M. (2020, July). *Sci-Hub / Augmented Cognition. Human Cognition and Behavior. Lecture Notes in Computer Science* / 10.1007/978-3-030-50439-7. Augmented Cognition: Human Cognition and Behavior. <https://sci-hub.se/10.1007/978-3-030-50439-7>
- Skupin, A., & Agarwal, P. (2008). What is a Self-organizing Map? In A. Skupin & P. Agarwal (Eds.), *Self-Organising Maps: applications in geographic information science* (pp. 1–21). John Wiley & Sons, Ltd.
- Soko, N. (2016). *Maritime Piracy - Investigating violence against merchant ships' crew members, during piracy attacks, from January 2011 – March 2016.*
- SOM Toolbox: implementation of the algorithm.* (n.d.). Retrieved June 9, 2021, from <http://www.cis.hut.fi/somtoolbox/documentation/somalg.shtml>
- Sullivan, A. K. (2010). Piracy in the Horn of Africa and its effects on the global supply chain. *Journal of Transportation Security*, 3(4), 231–243.
<https://doi.org/10.1007/s12198-010-0049-9>
- Tešić, J., Tamir, D., Neumann, S., Rishe, N., & Kandel, A. (2020). Computing with words in maritime piracy and attack detection systems. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12197 LNAI, 434–444. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50439-7_30
- Teye, P. N. (2013). *Barbary Pirates : Thomas Jefferson , William Eaton , and the Evolution of U . S . Diplomacy in the Mediterranean.*
- The Economics of Piracy in South East Asia.* (2016).

- Uhlenkücken, C., Schmidt, B., & Streit, U. (2000). Visual exploration of high-dimensional spatial data: Requirements and deficits. *Computers and Geosciences*, 26(1), 77–85. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(99\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(99)00035-7)
- Ultsch, A., & Siemon, H. P. (1990). Kohonen's self organizing feature maps for exploratory data analysis. *Proceedings of International Neural Network Conference*.
- Vaishnavi, V., & Kuechler, B. (2004). Design Science Research in Information Systems. *Association for Information Systems*.
- Vesanto, J. (1999). Publication 3 SOM-Based Data Visualization Methods. In *Intelligent Data Analysis* (Vol. 3, Issue 2). Elsevier Science.
- Wang, S.-C. (2003). Artificial Neural Networks. In *Interdisciplinary Computing In Java Programming Language*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Young, A. . (2007). *Contemporary Maritime Piracy in Southeast Asia: History, Causes and Remedies* (1st ed.). ISEAS–Yusof Ishak Institute.
- ZEE ranking - Países com maiores Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) / *EconomiaAzul*. (2021). <https://www.economiaazul.pt/blogue/2021/1/13/zee-ranking-paises-com-maiores-zonas-economicas-exclusivas-zee>
- Zhang, G., Eddy Patuwo, B., & Y. Hu, M. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35–62. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(97\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(97)00044-7)

Apêndice A – Caracterização dos Tipos de Navio presentes no estudo

Tipo de Navio	Caracterização
<i>BargeCarrier</i>	Navios concebidos para transportar outro tipo de navios ou contentores podendo também transportar ambos simultaneamente
<i>BulkCarrier</i>	Um navio concebido para transportar carga seca em grandes quantidades
<i>Cargo Ship</i>	Navio de carga, concebido para ter a capacidade de transportar um elevado número de contentores
<i>CementTanker</i>	Semelhante ao "bulkcarrier" mas com a capacidade de movimentar as cargas com pouca ajuda exterior
<i>ChemicalTanker</i>	Os navios-tanque químicos são navios de carga construídos ou adaptados e utilizados para o transporte de quaisquer produtos químicos líquidos
<i>Container</i>	Navios destinados exclusivamente ao transporte de contentores e equipados com as instalações adequadas ao transporte do mesmo
<i>Cutter/Dredger</i>	Navios destinados a operações relacionadas com dragagens do solo
<i>Dhow</i>	Tipo de veleiro que é como no Mar Vermelho e no Oceano Indico
<i>FishingVessel</i>	Navio destinado a atividades de pesca

FPSO Floating production storage and offloading, são unidades flutuantes de produção, armazenamento e transferência é um tipo de navio utilizado pela indústria petrolífera para a exploração, armazenamento petróleo e/ou gás natural e escoamento da produção por navios cisterna

General cargo	Um navio com um ou mais <i>decks</i> , com capacidade para transportar uma variedade de mercadorias em diferentes formas
----------------------	--

GuardVessel Navio que exerce patrulha no porto marítimo

HeavyLoadCarrier	Navio destinado ao movimento de cargas bastante pesadas.
-------------------------	--

Iate Embarcação de lazer

LandingCraft	Embarcação de desembarque
---------------------	---------------------------

LivestockCarrier Navio destinado ao transporte de animais vivos

LPG Tanker	Navio construído para o transporte de gases petrolíferos. Estes navios podem transportar frequentemente outros gases, tais como amoníaco, propileno e cloreto de vinil.
-------------------	---

Merchant Vessel Navio mercante

Mobile OffshoreDrilling	Um navio especialmente equipado para realizar perfurações de poços de petróleo no mar.
--------------------------------	--

NavyShip Navio militar

<i>OilTanker</i>	Navio construído ou adaptado principalmente para transportar petróleo nos seus espaços de carga
------------------	---

Passenger Ship Navio de passageiros

<i>PipeLayingShip</i>	Navio destinado à construção de infra-estruturas submarinas
-----------------------	---

ProductTanker Navio petroleiro envolvido no comércio de petróleo que não o petróleo bruto

<i>Refrigerator Cargo</i>	Navio concebido para transportar mercadorias que exijam condições climáticas específicas durante o transporte, tais como carne, fruta e peixe.
---------------------------	--

Research Ship Navio de investigação

<i>Ro-ro</i>	Navio concebido para transportar veículos
--------------	---

SpecialPurposeShip Um navio mecanicamente auto propulsionado que, pela sua função, transporta a bordo mais de 12 pessoal especial, incluindo passageiros (navios envolvidos em investigação, expedições e levantamentos; navios para a formação do pessoal marinho; navios que processam outros recursos vivos do mar, não envolvidos na captura).

<i>SupportVessel</i>	Podem ser divididos em vários tipos de acordo com as operações que
----------------------	--

<i>ssel</i>	realizam: navios de prospeção sísmica, navios de abastecimento de plataformas, rebocadores de manuseamento de âncora, rebocadores de navios de abastecimento, navios de construção offshore, navios de apoio ao mergulho, navios de <i>stand-by</i> , navios de inspeção, manutenção e reparação.
<i>SupplyShip</i>	Navio destinado a efetuar o abastecimento de outras plataformas e transportar outras cargas dessas plataformas para a costa
<i>Tanker</i>	navios que transportam cargas líquidas como petróleo bruto, produtos petrolíferos, produtos químicos, gases liquefeitos
<i>Tug</i>	Embarcações pequenas concebidas para rebocar ou empurrar navios ou embarcações de grandes dimensões.
<i>VehicleCarrier</i>	Navios especialmente concebidos para um transporte eficiente de automóveis ou variedade de automóveis, camiões, tratores e autocarros

Apêndice B – Tabelas utilizadas como base na análise descritiva das variáveis

Casos por Área:

Área	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
MarÁrábico	0	0	22	65	29	3	9	9	7	8	5	3	5	165
GoG	43	45	39	56	61	53	30	31	51	44	65	61	63	642
GoA	0	0	33	82	28	10	8	0	1	55	24	0	0	241
Estreito Malacca	0	0	19	61	50	57	123	138	20	34	14	45	39	600
Oceano Índico	0	0	82	86	37	18	28	16	11	22	23	7	15	345
MarMediterrâneo	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Golfo Pérsico	0	0	3	0	1	2	2	0	0	1	0	0	1	10
América do Sul(A)	0	0	7	2	1	1	2	0	0	1	1	2	5	22
América do Sul(C)	0	0	8	8	3	4	1	2	5	13	11	11	10	76
América do Sul(P)	0	0	6	10	9	5	1	1	6	2	7	10	8	65
MarSulChina	0	0	43	47	38	54	44	64	46	43	44	22	26	471
MarAmarelo	0	0	0	0	0	0	0	4	5	1	1	2	0	13
Total	43	45	262	418	259	208	248	265	152	224	195	163	172	2654

Casos por Período:

Período	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Noturno	40	39	159	223	167	169	211	216	105	122	133	129	119	1832
Diurno	3	6	102	194	88	38	37	47	43	78	55	33	53	777
Desconhecido	0	0	1	1	4	1	0	2	4	24	7	1	0	45
Total	43	45	262	418	259	208	248	265	152	224	195	163	172	2654

Casos por Estado do Navio:

Estado Navio	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Atracado	7	3	5	3	11	16	10	19	13	10	7	11	12	127
Fundado	26	23	89	116	124	112	128	116	84	90	104	86	78	1176
Navegar	10	19	168	299	124	80	110	130	55	124	84	66	82	1351
Total	43	45	262	418	259	208	248	265	152	224	195	163	172	2654

Casos por Tipo de Navio:

Tipo de Navio	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
BargeCarrier	0	0	7	6	4	6	2	1	1	0	0	0	3	30
BulkCarrier	5	14	49	94	54	42	60	95	37	44	59	41	41	635
Cargo Ship	14	7	17	8	12	22	4	7	3	2	4	0	0	100
CementTanker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
ChemicalTanker	7	12	27	60	40	34	15	23	9	14	2	4	10	257
Container	0	0	41	48	29	6	17	34	8	27	16	13	26	265
Cutter/Dredger	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Dhow	0	0	0	1	1	1	0	0	0	4	0	0	0	7
Fishing Vessel	0	0	9	5	3	1	0	3	1	5	5	4	2	38
FPSO	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
General cargo	0	0	27	30	7	10	11	9	8	11	7	7	13	140
Guard Vessel	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
HeavyLoadCarr.	0	0	1	3	0	0	1	0	3	0	0	1	0	9
Iate	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	4
LandingCraft	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	4
LivestockCarrier	0	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5
LPG Tanker	0	0	0	8	8	6	11	6	6	12	7	5	6	75
Merchant Vessel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	2	0	26
Mobile Offshore Drilling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
NavyShip	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
OilTanker	0	0	4	9	0	10	3	15	7	17	6	4	2	77
PassengerShip	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	5
PipeLayingShip	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	4
Product Tanker	0	1	13	15	8	11	23	34	16	23	24	27	32	227
Refrigerator Cargo	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	0	4	9
Research Ship	0	0	2	1	1	0	1	0	2	2	0	0	1	10
Ro-ro	0	0	4	3	1	1	2	0	0	0	1	0	0	12
SpecialPurposeShip	0	0	0	1	3	0	0	3	1	0	0	0	2	10
Support Vessel	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
SupplyShip	0	1	0	1	11	7	7	5	6	7	4	3	8	60
Tanker	15	10	43	70	54	35	69	12	25	24	31	28	11	427
Tug	0	0	11	41	19	14	19	13	12	10	13	18	10	180
VehicleCarrier	0	0	3	9	1	0	1	2	3	0	1	1	0	21
Unknown	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3
Total	43	45	262	418	259	208	248	265	152	224	195	163	172	2654

Casos por Área de Navegação:

Área Navegação	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
PortArea	13	7	41	58	63	61	58	76	56	54	43	43	50	623
Territorial	18	21	63	106	93	79	108	152	44	81	92	80	75	1012
International	12	17	158	254	103	68	82	37	52	89	60	40	47	1019
Total	43	45	262	418	259	208	248	265	152	224	195	163	172	2654

Casos por Classificação de Ataque:

Class. Ataque	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Danificado	0	0	11	8	1	0	2	0	0	5	3	1	8	39
Hijack	1	3	27	34	19	10	18	8	4	6	4	3	0	137
Homicidio	0	2	0	0	4	1	1	1	0	2	0	4	0	15
Nconseguido	13	15	119	235	110	79	101	118	53	116	101	70	57	1187
Rapto	3	0	0	1	0	0	0	1	7	11	9	16	14	62
Roubo	28	29	104	150	138	121	135	140	94	86	81	77	96	1279
Sequestro	0	1	19	9	9	14	16	14	11	6	6	8	6	119

Casos por Estado Costeiro:

Estado Costeiro	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
África do Sul	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Angola	2	0	2	2	1	0	1	0	2	1	0	0	4	15
Arábia Sáudita	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bangladesh	0	0	14	7	11	7	14	10	3	6	12	0	6	90
Benin	0	1	0	21	2	0	0	0	1	0	4	3	10	42
Brasil	0	0	6	1	1	1	1	0	0	0	1	2	5	18
Camarões	2	3	5	0	3	0	0	1	0	0	1	6	0	21
China	0	0	0	1	0	0	0	4	5	1	2	2	0	15
Colômbia	0	0	1	4	6	6	2	3	2	4	1	3	1	33
Comores	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Congo	0	2	2	3	4	3	6	6	7	1	6	2	2	44
Costa do Marfim	3	1	4	1	5	4	2	0	0	2	1	1	2	26
Costa Rica	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Djibuti	0	0	1	4	0	0	1	0	0	1	2	0	0	9
Emirados Árabes Unidos	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ecuador	0	0	1	6	4	2	0	0	0	0	3	2	3	21
Egito	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Eritreia	0	0	1	8	1	0	1	0	0	4	5	0	0	20
Filipinas	0	0	4	4	3	1	5	12	12	21	10	9	13	94
Gabão	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	4
Gana	6	3	0	3	9	2	3	2	0	1	9	3	6	47

Guiné	0	5	6	6	3	1	0	3	3	2	3	3	3	38
Guiné-Equatorial	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3
Guiné-Bissau	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Guyana	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4
Haiti	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	2	1	4	12
Iémen	0	0	30	101	29	8	6	0	1	50	16	0	0	241
Índia	0	0	19	24	12	8	14	12	11	4	6	5	8	123
Indonésia	0	0	30	53	66	79	100	134	41	46	31	32	28	640
Irão	0	0	1	4	4	2	0	0	0	1	0	0	1	13
Iraque	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Kuala Lumpur	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Libéria	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	7
Madagáscar	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Malásia	0	0	21	29	11	13	29	19	5	7	12	17	6	169
Maldivas	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Marrocos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
Mauritânia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
México	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5
Moçambique	0	0	3	0	2	0	1	1	0	2	1	3	4	17
Myanmar	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Nigéria	27	29	19	9	24	31	13	14	34	32	40	34	28	334
Omã	0	0	18	47	17	0	3	0	0	2	2	0	1	90
Panamá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Paquistão	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Peru	0	0	4	2	2	1	0	0	6	2	4	7	6	34
Quénia	0	0	8	5	1	1	0	2	1	2	0	1	0	21
Rép. Dem. Congo	0	0	0	4	1	0	0	2	2	0	0	1	0	10
Rép. Dominicana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
S.Tomé e Príncipe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
S. Cristóvão e Neves	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Seicheles	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	9
Serra Leoa	0	0	0	1	1	2	1	0	0	4	0	1	0	10
Singapura	0	0	0	14	6	10	27	6	2	5	2	7	13	92
Somália	0	0	28	14	6	6	2	0	1	10	6	0	0	73
Tailândia	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	5
Tânzania	0	0	8	11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	21
Togo	2	0	0	6	8	6	0	1	2	0	1	2	2	30
Venezuela	0	0	3	3	0	0	0	0	2	9	8	5	0	30
Vietname	0	0	7	7	3	9	7	29	8	2	4	2	5	83
Total	14	16	137	267	168	127	161	189	89	146	115	77	101	2654

Casos por Estado Bandeira:

Estado Bandeira	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Alemanha	1	1	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	12
Algéria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Antigua&Barbuda	3	3	17	15	4	6	2	6	0	3	2	2	1	64
Arábia Saudita	0	0	0	1	0	0	2	1	1	3	3	5	2	18
Austrália	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Áustria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Bahamas	2	1	6	11	12	4	4	7	3	4	8	4	2	68
Bahrain	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bangladesh	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6
Barbádos	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	2	1	0	8
Bélgica	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	5
Belize	0	0	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	6
Bermudas	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
Bolívia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Brunei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Camarões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Chile	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
China	1	0	21	22	15	17	15	22	5	9	20	9	9	165
Chipre	3	0	4	7	1	0	2	7	3	5	3	2	5	42
Comores	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	2	7
Coreia do Sul	0	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	7
Curaçao	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	5
Dinamarca	1	0	2	5	5	3	3	2	0	1	0	2	3	27
Dominica	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Emirados Árabes Unidos	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Egito	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Espanha	0	0	3	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	8
Etiópia	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
Estados Unidos América	2	0	3	3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	15
Filipinas	0	0	1	4	2	1	2	1	1	3	1	0	1	17
França	1	0	2	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	10
Gabão	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Gana	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2	5
Gibraltar	0	0	1	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	10
Grécia	0	0	2	8	2	3	5	3	2	1	3	4	2	35
Honduras	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	5
Iémen	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Ilha de Man	1	0	4	3	3	1	2	3	3	3	5	3	0	31
Ilhas Caimão	0	0	0	2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	7
Ilhas Cook	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Ilhas Marshall	5	4	17	49	23	26	37	42	32	36	32	27	27	357
Índia	0	0	3	5	6	1	4	2	3	7	1	1	3	36
Indonésia	0	0	1	7	2	1	5	1	3	1	1	2	2	26
Irão	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	1	6
Itália	0	1	4	7	5	3	5	0	0	0	1	0	2	28

Jamaica	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Japão	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	3
Libéria	9	9	35	54	39	28	17	30	13	26	14	18	25	317
Líbia	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Lituânia	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Luxemburgo	0	0	0	1	2	3	0	3	1	0	1	0	0	11
Malásia	0	0	4	13	8	10	15	14	6	3	7	10	1	91
Malta	0	3	12	17	8	8	5	10	3	10	8	8	6	98
Moçambique	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mongólia	0	0	1	3	1	0	2	0	0	0	1	0	0	8
Nigéria	1	0	0	0	0	2	5	0	4	2	2	5	0	21
Niuê	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Noruega	2	0	5	6	3	4	3	3	2	4	1	2	0	35
Omã	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Países Baixos	0	1	3	1	1	1	7	1	2	2	4	2	2	27
Palau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Panamá	4	10	43	60	37	24	45	40	31	29	25	14	23	385
Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	5
Qatar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quênia	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quiribati	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5
Reino Unido	0	1	8	5	1	2	0	1	1	1	2	4	3	29
Rússia	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SãoCristóvão&Neves	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	8
SãoVicente&Granadinas	1	2	4	4	2	3	1	0	0	0	1	0	0	18
Seicheles	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Senegal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Serra Leoa	0	0	2	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	6
Singapura	1	3	27	51	49	34	35	41	20	30	28	24	33	376
Sri Lanka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Suiça	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	5
Tailândia	0	0	2	1	1	2	6	6	0	3	0	0	0	21
Tânzania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3
Togo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Turquia	1	2	1	2	1	2	0	0	1	1	1	1	0	13
Tuvalu	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	6
Ucrânia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
USA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanuatu	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	0	1	1	10
Vietname	0	1	1	4	0	1	5	1	1	2	0	1	0	17
Unknown	0	0	1	2	0	1	1	1	0	16	8	3	0	33
Total	16	5	71	100	54	40	38	59	19	32	42	29	32	2654

Apêndice C – Numeração das Variáveis nas Matrizes de Descodificação

Variáveis para matrizes referentes à Figura 48

Nº Variável	Variável
1	Número de casos
2	Tipo de Navio <i>BargeCarrier</i>
3	Tipo de Navio <i>BulkCarrier</i>
4	Tipo de Navio <i>CargoShip</i>
5	Tipo de Navio <i>CementTanker</i>
6	Tipo de Navio <i>ChemicalTanker</i>
7	Tipo de Navio <i>Container</i>
8	Tipo de Navio <i>Cutter/Dredger</i>
9	Tipo de Navio <i>Dhow</i>
10	Tipo de Navio <i>FishingVessel</i>
11	Tipo de Navio <i>FPSO</i>
12	Tipo de Navio <i>LPGTanker</i>
13	Tipo de Navio <i>GeneralCargo</i>
14	Tipo de Navio <i>GuardVessel</i>
15	Tipo de Navio <i>HeavyLoadCarrier</i>
16	Tipo de Navio <i>Iate</i>
17	Tipo de Navio <i>LandingCraft</i>
18	Tipo de Navio <i>LivestockCarrier</i>
19	Tipo de Navio <i>MerchantVessel</i>
20	Tipo de Navio <i>MobileOffshoreDrilling</i>
21	Tipo de Navio <i>SpecialPurpose</i>
22	Tipo de Navio <i>Navy</i>
23	Tipo de Navio <i>OilTanker</i>
24	Tipo de Navio <i>Passenger</i>
25	Tipo de Navio <i>PipeLaying</i>
26	Tipo de Navio <i>ProductTanker</i>
27	Tipo de Navio <i>RefrigeratorCargo</i>
28	Tipo de Navio <i>Research</i>
29	Tipo de Navio <i>Ro-Ro</i>
30	Tipo de Navio <i>Supply</i>
31	Tipo de Navio <i>SupportVessel</i>
32	Tipo de Navio <i>Tanker</i>
33	Tipo de Navio <i>Tug</i>
34	Tipo de Navio Desconhecido
35	Tipo de Navio <i>VehicleCarrier</i>

Variáveis para matrizes referentes à Figura 50

Nº Variável	Variável
1	Número de casos
2	Estado do Navio - Atracado
3	Estado do Navio - Fundeado
4	Estado do Navio - Navegar
5	Área de Navegação - Águas Internacionais
6	Área de Navegação - Mar Territorial
7	Área de Navegação - Área Portuária
8	Armamento de Fogo
9	Armamento - Granadas/RPG
10	Armamento - Facas
11	Armamento - Outro
12	Armamento - NãoArmado
13	Armamento - desconhecido
14	Class. Ataque - Danificado
15	Class. Ataque - <i>Hijack</i>
16	Class. Ataque - Roubo
17	Class. Ataque - Sequestro
18	Class. Ataque - Rapto
19	Class. Ataque - Feridos
20	Class. Ataque - Mortos
21	Class. Ataque - NãoConseguido
22	Medidas de Proteção - Alarme
23	Medidas de Proteção - Ajuda das Autoridades
24	Medidas de Proteção - Equipa de Segurança
25	Medidas de Proteção - Cidadela
26	Medidas de Proteção - Manobra Evasiva
27	Valores Roubados Navio
28	Carga Roubada

Variáveis para matrizes referentes à Figura 52

Nº Variável	Variável
1	Número de casos
2	Tipo de Navio <i>BargeCarrier</i>
3	Tipo de Navio <i>Bulk Carrier</i>
4	Tipo de Navio <i>CargoShip</i>
5	Tipo de Navio <i>CementTanker</i>
6	Tipo de Navio <i>ChemicalTanker</i>
7	Tipo de Navio <i>Container</i>
8	Tipo de Navio <i>Cutter/Dredger</i>
9	Tipo de Navio <i>Dhow</i>
10	Tipo de Navio <i>FishingVessel</i>
11	Tipo de Navio <i>FPSO</i>
12	Tipo de Navio <i>LPGTanker</i>
13	Tipo de Navio <i>GeneralCargo</i>
14	Tipo de Navio <i>GuardVessel</i>
15	Tipo de Navio <i>Heavy Load Carrier</i>
16	Tipo de Navio <i>Iate</i>
17	Tipo de Navio <i>LandingCraft</i>
18	Tipo de Navio <i>LivestockCarrier</i>
19	Tipo de Navio <i>MerchantVessel</i>
20	Tipo de Navio <i>Mobile Offshore Drilling</i>
21	Tipo de Navio <i>SpecialPurpose</i>
22	Tipo de Navio <i>Navy</i>
23	Tipo de Navio <i>OilTanker</i>
24	Tipo de Navio <i>Passenger</i>
25	Tipo de Navio <i>PipeLaying</i>
26	Tipo de Navio <i>ProductTanker</i>
27	Tipo de Navio <i>RefrigeratorCargo</i>
28	Tipo de Navio <i>Research</i>
29	Tipo de Navio <i>Ro-Ro</i>
30	Tipo de Navio <i>Supply</i>
31	Tipo de Navio <i>SupportVessel</i>
32	Tipo de Navio <i>Tanker</i>
33	Tipo de Navio <i>Tug</i>
34	Tipo de Navio Desconhecido
35	Tipo de Navio <i>VehicleCarrier</i>
36	Estado do Navio - Atracado
37	Estado do Navio - Fundeado
38	Estado do Navio - Navegar
39	Área de Navegação - Águas Internacionais
40	Área de Navegação - Mar Territorial
41	Área de Navegação - Área Portuária

42	Armamento de Fogo
43	Armamento - Granadas/RPG
44	Armamento - Facas
45	Armamento - Outro
46	Armamento - NãoArmado
47	Armamento - desconhecido
48	Class. Ataque - Danificado
49	Class. Ataque - <i>Hijack</i>
50	Class. Ataque - Roubo
51	Class. Ataque - Sequestro
52	Class. Ataque - Rapto
53	Class. Ataque - Feridos
54	Class. Ataque - Mortos
55	Class. Ataque - NãoConseguido
56	Medidas de Proteção - Alarme
57	Medidas de Proteção - Ajuda das Autoridades
58	Medidas de Proteção - Equipa de Segurança
59	Medidas de Proteção - Cidadela
60	Medidas de Proteção - Manobra Evasiva
61	Valores Roubados Navio
62	Carga Roubada

Apêndice D – Funções *Matlab* para SOM 1D

Parametrização utilizada para o SOM 1D, de modo a obter as *BMU* de cada caso ocorrido.

Código principal:

```
dados = xlsread('Testematlab.xlsx','Dados','A2:BV2610'); %Definir o conjunto de dados

sData = som_data_struct(dados(:,:),'name','Dados Pirataria'); %Estrutura

%sData=som_normalize(sData,'var');

stemp = som_make(sData,'algorithm','batch'...%Algoritmo

,'neigh','gaussian'...%Vizinhança

,'msize',[13 1]...%Tamanho do mapa

,'lattice','rect'... %Estrutura do mapa

,'shape','sheet'... %Forma do mapa

,'training','long'... %Tipo de treino

,'init','lininit'); %Tipo de inicialização

%h = som_show(stemp)

Cluster13= som_bmus(stemp,sData)%Clusters Atribuidos a cada instância
```

Código referente à atribuição da *BMU*:

```
function [Bmus,Qerrors] = som_bmus(sMap, sData, which_bmus, mask)

%SOM_BMUS Find the best-matching units from the map for the given vectors.
%
% [Bmus, Qerrors] = som_bmus(sMap, sData, [which], [mask])
%
% bmus = som_bmus(sM,sD);
% [bmus,qerrs] = som_bmus(sM,D,[1 2 3]);
% bmus = som_bmus(sM,D,1,[1 1 0 0 1]);
```

```
%
% Input and output arguments ([]'s are optional):
% sMap    (struct) map struct
%          (matrix) codebook matrix, size munits x dim
% sData    (struct) data struct
%          (matrix) data matrix, size dlen x dim
% [which]  (vector) which BMUs are returned, [1] by default
%          (string) 'all', 'best' or 'worst' meaning [1:munits],
%          [1] and [munits] respectively
% [mask]   (vector) mask vector, length=dim, sMap.mask by default
%
% Bmus     (matrix) the requested BMUs for each data vector,
%          size dlen x length(which)
% Qerrors  (matrix) the corresponding quantization errors, size as Bmus
%
% NOTE: for a vector with all components NaN's, bmu=NaN and qerror=NaN
% NOTE: the mask also effects the quantization errors
%
% For more help, try 'type som_bmus' or check out online documentation.
% See also SOM_QUALITY.
```

```
%%%%%%%%% DETAILED DESCRIPTION
%%%%%%%%%
%
% som_bmus
%
% PURPOSE
%
% Finds Best-Matching Units (BMUs) for given data vector from a given map.
%
% SYNTAX
%
% Bmus = som_bmus(sMap, sData)
% Bmus = som_bmus(..., which)
% Bmus = som_bmus(..., which, mask)
% [Bmus, Qerrs] = som_bmus(...)
%
% DESCRIPTION
%
% Returns the indexes and corresponding quantization errors of the
% vectors in sMap that best matched the vectors in sData.
%
% By default only the index of the best matching unit (/vector) is
% returned, but the 'which' argument can be used to get others as
% well. For example it might be desirable to get also second- and
% third-best matching units as well (which = [1:3]).
%
% A mask can be used to weight the search process. The mask is used to
```

```

% weight the influence of components in the distance calculation, as
% follows:
%
%  $\text{distance}(x,y) = (x-y)' \text{diag}(\text{mask}) (x-y)$ 
%
% where x and y are two vectors, and diag(mask) is a diagonal matrix with
% the elements of mask vector on the diagonal.
%
% The vectors in the data set (sData) can contain unknown components
% (NaNs), but the map (sMap) cannot. If there are completely empty
% vectors (all NaNs), the returned BMUs and quantization errors for those
% vectors are NaNs.
%
% REQUIRED INPUT ARGUMENTS
%
% sMap      The vectors from among which the BMUs are searched
%           for. These must not have any unknown components (NaNs).
%           (struct) map struct
%           (matrix) codebook matrix, size munits x dim
%
% sData      The data vector(s) for which the BMUs are searched.
%           (struct) data struct
%           (matrix) data matrix, size dlen x dim
%
% OPTIONAL INPUT ARGUMENTS
%
% which     (vector) which BMUs are returned,
%           by default only the best (ie. which = [1])
%           (string) 'all', 'best' or 'worst' meaning [1:munits],
%           [1] and [munits] respectively
%
% mask      (vector) mask vector to be used in BMU search,
%           by default sMap.mask, or ones(dim,1) in case
%           a matrix was given
%
% OUTPUT ARGUMENTS
%
% Bmus      (matrix) the requested BMUs for each data vector,
%           size dlen x length(which)
%
% Qerrors   (matrix) the corresponding quantization errors,
%           size equal to that of Bmus
%
% EXAMPLES
%
% Simplest case:
% bmu = som_bmus(sM, [0.3 -0.4 1.0]);
%      % 3-dimensional data, returns BMU for vector [0.3 -0.4 1]
% bmu = som_bmus(sM, [0.3 -0.4 1.0], [3 5]);
%      % as above, except returns the 3rd and 5th BMUs

```

```

% bmu = som_bmus(sM, [0.3 -0.4 1.0], [], [1 0 1]);
%      % as above, except ignores second component in searching
% [bmusqerrs] = som_bmus(sM, D);
%      % returns BMUs and corresponding quantization errors
%      % for each vector in D
% bmus = som_bmus(sM, sD);
%      % returns BMUs for each vector in sD using the mask in sM
%
% SEE ALSO
%
% som_quality    Measure the quantization and topographic error of a SOM.

% Copyright (c) 1997-2000 by the SOM toolbox programming team.
% http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/

% Version 1.0beta juuso 071197, 101297
% Version 2.0alpha juuso 201198 080200

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% check arguments and initialize

error(nargchk(1, 4, nargin)); % check no. of input args is correct

% sMap
if isstruct(sMap),
    switch sMap.type,
        case 'som_map', M = sMap.codebook;
        case 'som_data', M = sMap.data;
        otherwise, error('Invalid 1st argument. ');
    end
else
    M = sMap;
end
[munits dim] = size(M);
if any(any(isnan(M))),
    error('Map codebook must not have missing components. ');
end

% data
if isstruct(sData),
    switch sData.type,
        case 'som_map', D = sData.codebook;
        case 'som_data', D = sData.data;
        otherwise, error('Invalid 2nd argument. ');
    end
else
    D = sData;
end

```

```

end
[dlenddim] = size(D);
if dim ~= ddim,
    error('Data and map dimensions do not match.')
end

% which_bmus
if nargin < 3 | isempty(which_bmus) | any(isnan(which_bmus)),
    which_bmus = 1;
else
    if ischar(which_bmus),
        switch which_bmus,
            case 'best', which_bmus = 1;
            case 'worst', which_bmus = munits;
            case 'all', which_bmus = [1:munits];
        end
    end
end

% mask
if nargin < 4 | isempty(mask) | any(isnan(mask)),
    if isstruct(sMap) & strcmp(sMap.type, 'som_map'),
        mask = sMap.mask;
    elseif isstruct(sData) & strcmp(sData.type, 'som_map'),
        mask = sData.mask;
    else
        mask = ones(dim,1);
    end
end
if size(mask,1) == 1, mask = mask'; end
if all(mask == 0),
    error('All components masked off. BMU search cannot be done.');
```

%%%
 %%%
 %% action

```

Bmus = zeros(dlen,length(which_bmus));
Qerrors = Bmus;

% The BMU search involves calculating weighted Euclidian distances
% to all map units for each data vector. Basically this is done as
% for i=1:dlen,
%     for j=1:munits,
%         for k=1:dim,
%             Dist(j,i) = Dist(j,i) + mask(k) * (D(i,k) - M(j,k))^2;
%         end

```



```

% end
% end
% where mask is the weighting vector for distance calculation. However, taking
% into account that distance between vectors m and v can be expressed as
%  $|m - v|^2 = \sum_i ((m_i - v_i)^2) = \sum_i (m_i^2 + v_i^2 - 2*m_i*v_i)$ 
% this can be made much faster by transforming it to a matrix operation:
%  $Dist = (M.^2)*mask*ones(1,d) + ones(m,1)*mask*(D'.^2) - 2*M*diag(mask)*D'$ 
%
% In the case where there are unknown components in the data, each data
% vector will have an individual mask vector so that for that unit, the
% unknown components are not taken into account in distance calculation.
% In addition all NaN's are changed to zeros so that they don't screw up
% the matrix multiplications.

% calculate distances &bmus

% This is done a block of data at a time rather than in a
% single sweep to save memory consumption. The 'Dist' matrix has
% size munits*blen which would be HUGE if you did it in a single-sweep
% operation. If you _want_ to use the single-sweep version, just
% set blen = dlen. If you're having problems with memory, try to
% set the value of blen lower.
blen = min(munits,dlen);

% handle unknown components
Known = ~isnan(D);
W1 = (mask*ones(1,dlen)) .* Known';
D(find(~Known)) = 0;
unknown = find(sum(Known')==0); % completely unknown vectors

% constant matrices
WD = 2*diag(mask)*D'; % constant matrix
dconst = ((D.^2)*mask); % constant term in the distances

i0 = 0;
while i0+1<=dlen,
% calculate distances
inds = [(i0+1):min(dlen,i0+blen)]; i0 = i0+blen;
Dist = (M.^2)*W1(:,inds) - M*WD(:,inds); % plus dconst for each sample

% find the bmus and the corresponding quantization errors
if all(which_bmus==1), [Q B] = min(Dist); else [Q B] = sort(Dist); end
ifmunits==1, Bmus(inds,:) = 1; else Bmus(inds,:) = B(which_bmus,:); end
Qerrors(inds,:) = Q(which_bmus,:) + dconst(inds,ones(length(which_bmus),1));
end

% completely unknown vectors
if ~isempty(unknown),

```

```
Bmus(unknown,:) = NaN;  
Qerrors(unknown,:) = NaN;  
end
```

```
Qerrors = sqrt(Qerrors);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```


Apêndice E – Funções *Matlab* para SOM 2D

```
dados2D = xlsread('SOM2D.xlsx','Folha1','A2:BV2610'); %Definir o conjunto de dados
```

```
sData2 = som_data_struct(dados2D(:,:),'name','Dados Pirataria'); %Estrutura  
%sData=som_normalize(sData,'var');
```

```
u=zeros(1,2);%vetor que contém os valores do EQ e do ET
```

```
for i=1:1  
    stemp2 = som_make(sData2,'algorithm','batch'...  
        , 'neigh','gaussian'...  
        , 'msize',[15 20]...  
        , 'lattice','rect'...  
        , 'shape','sheet'...  
        , 'training','long'...  
        , 'init','lininit');  
    [e j]=som_quality(stemp2,sData2);% Guardar os valores do EQ e ET  
    u(i,1)=e;  
    u(i,2)=j;  
    modelos(i)=stemp2 % Guardar mapas todos  
end
```

```
[c h]=min(u(:,1))% Guardar o que tem menor EQ
```

```
som_bmus(stemp, stemp2.codebook)%Obter as coordenadas do SOM 1D na Matriz do  
SOM 2D
```


Apêndice F – Funções *Matlab* para SOM 3D referente ao Estado Bandeira

Neste caso foram usadas funções em duas versões diferentes, sendo que apenas a última função que será apresentada corresponde à versão 2018 do Matlab, as restantes foram todas utilizadas na versão de 2010.

Para a **parametrização do SOM**:

```
clear
[dados,txt,row] = xlsread('SOM3D.xlsx','Folha3'); %Definir o conjunto de dados
sData = som_data_struct(dados(:,:),'name','Dados Pirataria'); %Estrutura
sData=som_normalize(sData,'var');
u=zeros(1,2);%vetor que contém os valores do EQ e do ET

for i=1:100
stemp = som_make(sData,'algorithm','batch'...
    , 'neigh','gaussian'...
    , 'msize',[3 3 3]...
    , 'lattice','rect'...
    , 'shape','sheet'...
    , 'training','long'...
    , 'init','randinit');
[e j]=som_quality(stemp,sData);% Guardar os valores do EQ e ET
    u(i,1)=e;
    u(i,2)=j;
    modelos(i)=stemp% Guardar mapas todos
end

[c h]=min(u(:,1))% Guardar o que tem menor EQ
colors = som_colorcode3d(modelos(h));% Atribuição de uma cor a cada Cluster
Cluster3d= som_bmus(stemp,sData);% Clusters Atribuidos a cada instância
países = raw(3:84,1); %Selecionar apenas as parcelas que contém países
save
```

O “save” utilizado no final foi utilizado para guardar os dados de modo a exportar os mesmos para a versão de 2018.

Para a função **colorcode3d**:

```
function colors=colorcode3d(p)

% SOM_COLORCODE_3D Calculates a color coding for the SOM 3D grid
%
```

```

% colors = som_colorcode3d(sMap)
%
% Input and output arguments:
% m      (struct) map or topol struct
%        (matrix) size N x 3, unit coordinates
% colors  (matrix) size N x 3, RGB colors for each unit
%
% The function gives a color coding by location for the map grid.
% Map grid coordinates are always linearly
% normalized to a unit square (x,y and z coordinates between [0,1])
%
% by Jorge Gorricha
%

%%% Check arguments
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

h=repmat(p,1,1);

h(:,1)=min_max(p(:,1),0,1);

h(:,2)=min_max(p(:,2),0,1);

h(:,3)=min_max(p(:,3),0,1);

%% Output
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

colors=h;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function v = min_max(vector,mn,ma)
if max(vector)-min(vector)~=0
v=((vector-min(vector))./(max(vector)-min(vector)))*(ma-mn)+mn;
else
[j,i]=size(vector)
v=ones(j,1);
end

```

A função utilizada para a atribuição das MUC foi a mesma que foi utilizada no

Apêndice E – Funções *Matlab* para SOM 2D

Na versão 2018 do *Matlab* o código utilizado tinha como objetivo criar a Figura 45 - Mapa de cores referentes à relação entre os casos de pirataria e os Estados bandeira com recurso ao SOM 3D para isso foi utilizado o seguinte código:

```
load
worldmap(world)
load coastlines
bordersm
axis tight
for j=1:length(paises)
bordersm(paises{j}, 'facecolor', [colors(Cluster3d(j),1) colors(Cluster3d(j),2)
colors(Cluster3d(j),3)]);
end
```

Este código iniciava com o “load” de modo a carregar os dados obtidos no código referido no início do Apêndice.

A função ***bordersm*** serve para delimitar as fronteiras entre os países:

```
function varargout = bordersm(place, varargin)
% bordersm plots National or US state boundaries on maps generated with Matlab's
Mapping Toolbox.
% If you don't have Matlab's Mapping Toolbox, or you just prefer to plots lon and lat
% as x and y, use the borders function instead.
%
% Data are compiled from 2013 US Census Bureau 500k data and thematicmapping.org
TM World Borders
% 0.3 dataset.
% https://www.census.gov/geo/maps-data/data/tiger-cart-boundary.html
% http://thematicmapping.org/downloads/world\_bordersm.php
%
%% Syntax
%
% bordersm
% bordersm(place)
% bordersm(...,LineProperty,LineValue)
% bordersm(...,PatchProperty,PatchValue)
% h = bordersm(...)
% [lat,lon] = bordersm(place)
%
%% Description
%
% bordersm plots national borders.
```



```

%
% bordersm(place) plots the borders of a place, which can be any country or US state.
place may also be
% 'countries' to plot all national borders, 'states' to plot all US state borders, or
'Continental US' to
% plot only the continental United States (sorry Guam). Note: to plot the nation of
Georgia, use 'Georgia'.
% To plot the US state of Georgia, specify 'Georgia.' with a period.
%
% bordersm(...,LineProperty,LineValue) specifies linestyle or markerstyle.
%
% bordersm(...,PatchProperty,PatchValue) outlines states or nations as patch objects if
any property begins
% with 'face', (e.g., 'facecolor','red'). Note that plotting all countries as patches can be a
bit slow.
%
% h = bordersm(...) returns a handle h of plotted object(s).
%
% [lat,lon] = bordersm(place) does not plot any bordersm, but returns arrays of their
geographic coordinates.
%
%% Examples
% For nice formatted examples, type this into your Command Window:
%
% showdemobordersm_documentation
%
%% Author Info
% The bordersm and labelbordersm functions were written by
<http://www.chadagreene.com
% Chad A. Greene> of the University of Texas at Austin's Institute for Geophysics
(UTIG),
% April 2015: Created as borders.m function.
% Oct 2018: Split into two functions: borders for nomappingtoolbox, and bordersm for
mapping toolbox.
%
% See also plot, plotm, and patchm.
%% Initial error checks
nargoutchk(0,2)
%% Set defaults
plotborder = false;
faceplot = false;
plotWhat = 'singleplace';
% Unless the user has the mapping toolbox and the current axes are already map axes:
assert(license('test','map_toolbox')==1,'Error: The bordersm function requires Matlab's
Mapping Toolbox. Try using the borders function instead.')
if ~ismap(gca)
% gca without anything open initializes axes with extents [0 1 0 1], so assume any other
axis extents were already open.

```

```

    assert(isequal([0 1 0 1],axis),'The current axes are not a map generated by Matlab's
Mapping Toolbox. Either initialize a map or use the borders function instead.')
end
%% Parse inputs:
ifnargout<2
    plotborder = true;

    if any(strncmpi(varargin,'face',4))
        faceplot = true;
    end
    end
    if ~exist('place','var')
        place = 'countries';
    end
    ifstrncmpi(place,'countries',5)
        plotWhat = 'countries';
    end
    ifstrncmpi(place,'states',5)
        plotWhat = 'states';
    end
    ifstrncmpi(place,'continental us',4)
        plotWhat = 'continental us';
    end
    ifstrncmpi(place,'latin america',4)
        plotWhat = 'latinamerica';
    end
    %% Load outline data and select which data to include:
    bd = load('borderdata.mat');
    switchplotWhat
    case'singleplace'
        ind = strlookup(bd.places,place);
        if isempty(ind)
            return
        end
        lat = bd.lat{ind};
        lon = bd.lon{ind};

    case'countries'
        lat = bd.lat(1:246);
        lon = bd.lon(1:246);

    case'states'
        lat = bd.lat(247:302);
        lon = bd.lon(247:302);

    case'continental us'
        lat = bd.lat([247:273 276 277 279:282 284:285 287:299 302]);
        lon = bd.lon([247:273 276 277 279:282 284:285 287:299 302]);

```

```

case 'latinamerica'
lat = bd.lat([8 17 21 33 38 39 41 48 49 55 75 78 79 120 159 165 162 211 214]);
lon = bd.lon([8 17 21 33 38 39 41 48 49 55 75 78 79 120 159 165 162 211 214]);
end
%%
if plotborder
if strcmpi(plotWhat, 'singleplace')

if ~ismap(gca)
buflat = (max(lat)-min(lat))/20;
buflon = (max(lon)-min(lon))/20;
worldmap([min(lat)-buflat max(lat)+buflat],[min(lon)-buflon max(lon)+buflon]);
end
if faceplot
h = patchm(lat,lon,varargin{:});
else
h = plotm(lat,lon,varargin{:});
end

else
if ~ismap(gca)
switch plotWhat
case 'countries'
worldmap('world');
case 'states'
worldmap('United states of america')
case 'continental us'
worldmap([23 53],[-129 -65])
end
end
if faceplot
h = patchm(cell2nancat(lat),cell2nancat(lon),varargin{:});
else
h = plotm(cell2nancat(lat),cell2nancat(lon),varargin{:});
end

end
end
switch nargout
case 0
% do nothing
case 1
varargout{1} = h;
case 2
varargout{1} = lat;
varargout{2} = lon;
otherwise

```

```

        error('Too many outputs.')
    end
end
function [ind,CloseNames] = strlookup(string,list,varargin)
% STRLOOKUP uses strcmp or strcmpi to return indices of a list of strings
% matching an input string. If no matches are found, close matches are
% suggested.
%
%% Syntax
%
% ind = strlookup('string',list)
% ind = strlookup(...,'CaseSensitive')
% ind = strlookup(...,'threshold',ThresholdValue)
% [ind,CloseNames] = strlookup(...)
%
%
%% Description
%
% ind = strlookup('string',list) returns indices ind corresponding to
% cell entries in list matching 'string'.
%
% ind = strlookup(...,'CaseSensitive') performs a case-sensitive
% strlookup.
%
% ind = strlookup(...,'threshold',ThresholdValue) declares a threshold
% value for close matches. You will rarely (if ever) need to use this.
% The ThresholdValue is a metric of how closely matches should be when
% offering suggestions. Low threshold values limit suggested matches to a
% shorter list whereas high thresholds expand the list size. By default,
% the threshold starts at 1.5, then increases or decreases depending on how
% many close matches are returned. If fewer than 3 close matches are
% returned, the threshold is increased and it looks for more matches. If
% more than 10 close matches are found, the threshold is tightened
% (reduced) until fewer than 10 matches are found.
%
% [ind,CloseNames] = strlookup(...) suppresses command window output if
% no exact match is found, and instead returns an empty matrix ind and a
% cell array of close matches in names. If exact match(es) is/are found,
% ind will be populated and CloseNames will be empty.
%
%% Author Info
% This function was written by Chad A. Greene of the University of Texas
% at Austin Institute for Geophysics (UTIG), August 2014.
%
% Updated January 2015 to include close alphabetical matches and fixed
% an input check based on FEX user Bryan's suggestion. Thanks Bryan.
%
% See also strcmp, strcmpi, strfind, regexp, strrep.

```

```

%% Input checks:
assert(isnumeric(string)==0&&isnumeric(list)==0,'Inputs must be strings.')
% If user accidentally switches order string and list inputs, fix the order:
if ischar(list) && iscell(string)
    tmp_list = list;
    list = string;
    string = tmp_list;
end
if strcmpi(string,'recursion')
    disp('Did you mean recursion?')
return
end
% Allow user to declare match threshold with a name-value pair:
threshold = [];
tmp = strncmpi(varargin,'thresh',6);
if any(tmp)
    threshold = varargin{find(tmp)+1};
    assert(isscalar(threshold)==1,'Threshold value must be a scalar.')
    assert(threshold>=0,'Threshold value cannot be negative.')
end
%% Find matches:
% Find case-insensitive matches unless 'CaseSensitive' is requested by user:
if nargin>2 && any(strncmpi(varargin,'case',4))
    TF = strcmp(list,string);
else
    TF = strcmpi(list,string);
end
%% Look for close matches if no exact matches are found:
CloseNames = [];
if sum(TF)==0
    % Thanks to Cedric Wannaz for writing this bit of code. He came up with a
    % quite clever solution wherein the spectrum of an input string is compared to
    % spectra of available options in the input list.

    % Define spectrum function:
    spec = @(name) accumarray(upper(name.').-31, ones(size(name)), [60 1]);

    % Get spectrum of input string:
    spec_str = spec(string);

    % Compare spec_str to spectra of all strings available in the list:
    spec_dist = cellfun(@(name) norm(spec(name)-spec_str), list);

    % Sort by best matches:
    [sds,idx] = sort(spec_dist) ;
    % Find list items that closely match input string by spectrum:
    % If the user has not declared a hard threshold, start with a threshold
    % of 1.5 and then adjust threshold dynamically if there are too many or

```

```

% too few matches:
if isempty(threshold)
    threshold = 1.5;
closeSpectralInd = idx(sds<=threshold);

% If there are more than 10 close matches, try a smaller threshold:
while length(closeSpectralInd)>10
    threshold = 0.9*threshold;
closeSpectralInd = idx(sds<=threshold);
if threshold<.05
break
end
end

% If there are fewer than 3 close matches, try relaxing the threshold:
while length(closeSpectralInd)<3
    threshold = 1.1*threshold;
closeSpectralInd = idx(sds<=threshold);
if threshold>10
break
end
end

else
% If user declared a hard threshold, stick with it:
closeSpectralInd = idx(sds<=threshold);
end

% Check for matches alphabetically by seeing how many first-letter
% matches there are. If there are more than 4 first-letter matches,
% see how many first-two-letter matches there are, and so on:
for n = 1:length(string)
closeAlphaInd = find(strncmpi(list,string,n));
if length(closeAlphaInd)<5
break
end
end

% Names of close matches:
CloseNames = list(unique([closeSpectralInd;closeAlphaInd]));
ind = [];

if isempty(CloseNames)
disp(['String "',string,'" not found and I can't even find a close match. Make like Santa
and check your list twice.'])
else
if nargout<2

```

```

disp(['String "',string,'" not found. Did you mean...'])
disp(CloseNames);
end
ifnargout==0
    clear ind
end
end

else
ind = find(TF);
end
end
function B = cell2nancat(A)
%cell2nancat concatenates elements of a cell into a NaN-separated vector.
%
%
%% Author Info
% This function was written by Chad A. Greene of the University of Texas at
% Austin's Institute for Geophysics (UTIG), January 2016.
% http://www.chadagreene.com
%
% See also: cell2mat, nan, and cat.
%% Input checks:
narginchk(1,1)
assert(iscell(A),'Input error: Input must be a cell array.')
%% Perform mathematics and whatnot:
% Append a NaN to each array inside A:
Anan = cellfun(@(x) [x(:);NaN],A,'un',0);
% Columnate:
B = cell2mat(Anan(:));
end

```

Por fim e para representar os casos geograficamente e com as cores atribuídas utilizou-se o seguinte código:

```

worldmap('World')%Carregar o mapa mundo
loadcoastlines%Carregar as fronteiras entre países
plotm(coastlat,coastlon)
[dados,txt,raw] = xlsread('Filme.xlsx','Folha4');%Base de dados com os dados referentes
à Lat,Lon e código RGB
for i=2:2622

lat=[raw{i,1}];%Dados presentes na coluna das Latitudes
lon = [raw{i,2}];%Dados presentes na coluna das Longitudes
r = [raw{i,3}];%Código RGB

```

```

g=[raw{i,4}];%Código RGB
b=[raw{i,5}];%Código RGB

geoshow(lat, lon,'DisplayType','point', 'Marker','.', 'MarkerEdgeColor',[r g
b]);%Mostrar os dados da lat e lon com as cores RGB no mapa mundo

end

```


Apêndice G – Funções *Matlab* para SOM 3D referente à Análise Temporal

Nesta abordagem foram utilizadas três códigos, sendo o primeiro relativo à parametrização do SOM e código principal, o segundo para a criação da matriz de dados e o último para a matriz de padrões para decodificação das cores referentes a cada área.

Primeiro código:

```
clear
%indicar a origem dos dados:
D=load('DadosPercentuaisSemTN.txt'); %Carregar o ficheiro de texto pretendido

iterations=100;

sData = som_data_struct(D(:,3:30),'name','Dados artificiais');
sData=som_normalize(sData,'range');%Normalização dos dados

u=zeros(1,2)

for i=1:iterations
    stemp = som_make(sData,'algorithm','batch'...
        , 'neigh','gaussian'...
        , 'msize',[3 3 3]...
        , 'lattice','rect'...
        , 'shape','sheet'...
        , 'training','long'...
        , 'init','randinit');
    [e j]=som_quality(stemp,sData);% Guardar os valores do EQ e ET

    u(i,1)=e;
    u(i,2)=j;
    sm1(i)=stemp;
end
[c h]=min(u(:,1))

%na função seguinte 12 são as áreas, 11 o número de anos de dados e 2010 o
%ano em que se inicia
f=cubo_dados_pirataria(sm1(h),sData,D,12,11,2010);

f=matriz_padroes(sm1(h),D,D(:,3:30)',sData);% Matriz padrões, onde se indica as
variáveis que são tidas em conta (3:30 ou seja na 3 variável até à 30)
```

Segunda código, referente à criação da matriz de dados:

```
function [f] = cubo_dados_pirataria(som,sData,D,nindivíduos,ntempo,t0)
f=figure;
%[lixo ndimensoes]=size(som.topol.msize);
[lixo ndimensoes]=size(sData.data);
%coords = som_unit_coords(som);
coords=som.codebook;
nome_area={'GoG','EM','MSC', 'OI','GoA','MA','AS(C)','AS(P)'...
,'AS(A)','Mam','GP','MM'};%Definir as áreas a representar no eixo dos Y

padroes=zeros(nindivíduos,ntempo*ndimensoes);
BMUS = som_bmus(som, sData);

k=1;
l=ndimensoes;
p=1;
for i=1:nindivíduos
    p=i;
    for j=1:(ntempo)
        l=j*ndimensoes;
        padroes(i,k:l)=coords(BMUS(p,:));
        k=l+1;
        p=p+nindivíduos;
    end
    k=1;
    l=ndimensoes;
end

s = som_data_struct(padroes(:,1:ntempo*ndimensoes));
for i=1:10
    stemp = som_make(s,'algorithm','batch'...
        , 'neigh','gaussian'...
        , 'msize',[27 1]...
        , 'lattice','rect'...
        , 'shape','sheet'...
        , 'training','long'...
        , 'init','randinit');
    [e j]=som_quality(stemp,s);
    u(i,1)=e;
    u(i,2)=j;
    sm2(i)=stemp;
end
[c h]=min(u(:,1))
bmus = som_bmus(sm2(h), s);
```

```

[lixo,ordenados] = sortrows(bmus,1);

x=ntempo;
y=nindividuos;

units=struct('X',{},'Y',{ });
a=[0 1 1 0];
b=[0 0 y y];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:x
for j=1:y
    i=i+1;
    units(i).X=a;
    units(i).Y=b;
b=b-d;
end
    b=[0 0 y y];
    a=a+c;
end

switch length(som.topol.msize)
case 2
    colors=som_colorcode(som,'rgb1',1);
case 3
    colors=som_colorcode3d(som);
otherwise
    error('Invalid map dimensions');
end

h=1;
t=t0;
for i=1:(x*y)
individuo=ordenados(h);
indice=find(D(:,1)==individuo& D(:,2)==t)

    fill(units(i).X,units(i).Y, [colors(BMUS(indice),1) colors(BMUS(indice),2)
colors(BMUS(indice),3)], 'LineWidth',0.001);
%fill(units(i).X,units(i).Y, [colors(individuo,1) colors(individuo,2)
colors(individuo,3)], 'LineWidth',0.001);
    hold on;
h=h+1;
if h==nindividuos+1
h=1;
    t=t+1;

```

```

end
end

u=(((som_eucdist2(sm2(h).codebook, sm2(h).codebook))));

for z=1:(nindivíduos-1)
    dist=u(bmus(ordenados(z)), bmus(ordenados(z+1)))*1.5;
    if dist>0
        % line([0 ntempo],[z z], 'color',[0.8 0.8 0.8], 'LineWidth',(dist));
    end
end

cx=1;
cy=nindivíduos;
países=struct('X',{ }, 'Y',{ });
a=[-1 0 0 -1];
b=[0 0 cy cy];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:cx
    for j=1:cy
        i=i+1;
        países(i).X=a;
        países(i).Y=b;
        b=b-d;
    end
    b=[0 0 cy cy];
    a=a+c;
end

cor=[0 0 0]
p=nindivíduos;
for j=1:nindivíduos
    w=ordenados(p);
    plot(países(p).X,países(p).Y, 'color',[0 0 0]);
    text([-0.9],[j]-0.5, nome_area(w), 'color',cor, 'FontSize',7);
    p=p-1;
    hold on;
end

tamanho=0.5;

plot([0 0],[0 -1], 'color',cor, 'LineWidth',tamanho);
plot([-1 -1],[0 nindivíduos], 'color',cor, 'LineWidth',tamanho);

```

```

ly=1;

legenda_anos=struct('X',{},{},'Y',{},{ });
a=[0 1 1 0];
b=[-1 -1 0 0];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:ntempo
for j=1:ly
    i=i+1;
legenda_anos(i).X=a;
legenda_anos(i).Y=b;
end
    a=a+c;
end

w=t0;
for j=1:ntempo
plot(legenda_anos(j).X,legenda_anos(j).Y, 'color',cor,'LineWidth',tamanho);
    text(legenda_anos(j).X(1,1)+0.3,legenda_anos(j).Y(1,1)+0.5,int2str(w)
,'color',cor,'FontSize',8);
w=w+1;
    hold on;
end

set(gca, 'XtickLabel',[],'YTickLabel',[]);
set(gcf, 'Color',[1 1 1]);
%axis equal;
%axis fill;
%axis on;
axis off

```

Por fim o **código utilizado na decodificação das cores:**

```

function [f] = matriz_padroes(som,D,variaveis,sdata)
f=figure;
BMUS = som_bmus(som, sdata);
[lixondimensoes]=size(som.topol.msize);
coords = som_unit_coords(som);
[ncoordslixo] = size(som_unit_coords(som));
mp=colormap(gray(ncoords));
s = som_data_struct(sdata.data);
s=som_normalize(s,'range');
for i=1:10

```

```

stemp = som_make(s,'algorithm','batch'...
,'neigh','gaussian'...
,'msize',[27 1]...%27 é o número de cores que existem
,'lattice','rect'...
,'shape','sheet'...
,'training','long'...
,'init','randinit');
[e j]=som_quality(stemp,s);
u(i,1)=e;
u(i,2)=j;
sm1(i)=stemp;
end
[c h]=min(u(:,1))
bmus_coords = som_bmus(sm1(h), som.codebook);

%[nvariaveis lixo] = size(variaveis); % mudei esta linha
[nvariaveis lixo ] = size(variaveis);
svar = som_data_struct(variaveis)
for i=1:10
stemp = som_make(svar,'algorithm','seq'...
,'neigh','gaussian'...
,'msize',[30 1]...%30 é o número de variáveis existentes neste caso
,'lattice','rect'...
,'shape','sheet'...
,'training','long'...
,'init','randinit');
[e j]=som_quality(stemp,svar);
u(i,1)=e;
u(i,2)=j;
sm2(i)=stemp;
end
[c hv]=min(u(:,1))
bmus_variaveis = som_bmus(sm2(hv), svar);

x=nvariaveis;
y=ncoords;

units=struct('X',{ },'Y',{ });
a=[0 1 1 0];
b=[0 0 y y];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:x
for j=1:y
i=i+1;
units(i).X=a;
units(i).Y=b;

```

```

b=b-d;
end
    b=[0 0 y y];
    a=a+c;
end

cx=1;
cy=ncoords;

padroes=struct('X',{},'Y',{ });
a=[-1 0 0 -1];
b=[0 0 cy cy];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:cx
for j=1:cy
    i=i+1;
    padroes(i).X=a;
    padroes(i).Y=b;
    b=b-d;
end
    b=[0 0 cy cy];
    a=a+c;
end

switch length(som.topol.msize)
case 2
    colors=som_colorcode(som,'rgb1',1);
case 3
    colors=som_colorcode3d(som);
otherwise
    error('Invalid map dimensions');
end

[lixo,coordsOrdenadas] = sortrows(bmus_coords,1);
[lixo,variaveisOrdenadas] = sortrows(bmus_variaveis,1);
n=1;
for i=1:x
    q=bmus_variaveis(variaveisOrdenadas(i));
    [lixo,variaveis] = sortrows(som.codebook,variaveisOrdenadas(i));
for j=1:y
%w=bmus_coords(coordsOrdenadas(j));
    w=coordsOrdenadas(j);
    e=find(variaveis==w);

fill(units(n).X,units(n).Y, [mp(e,1) mp(e,2) mp(e,3)], 'LineStyle','none');

```



```

hold on;
    n=n+1;
end
end

for j=1:ncoords
    w=coordsOrdenadas(j);
    if sum(BMUS==w)~=0
        fill(padroes(j).X,padroes(j).Y, [colors((w),1) colors((w),2)
        colors((w),3)], 'LineStyle','-');
    else
        fill(padroes(j).X,padroes(j).Y, [1 1 1], 'LineStyle','none');
    end
    hold on;
end

ly=1;
legenda_variaveis=struct('X',{ }, 'Y',{ });
a=[0 1 1 0];
b=[-1 -1 0 0];
c=[1 1 1 1];
d=[0 0 1 1];
i=0;
for l=1:nvariaveis
    for j=1:ly
        i=i+1;
        legenda_variaveis(i).X=a;
        legenda_variaveis(i).Y=b;
    end
    a=a+c;
end

cor=[0 0 0];
tamanho=2;
for j=1:nvariaveis
    w=variaveisOrdenadas(j);
    plot(legenda_variaveis(j).X,legenda_variaveis(j).Y, 'color',cor,'LineWidth',tamanho);
    text(legenda_variaveis(j).X(1,1)+0.5,legenda_variaveis(j).Y(1,1)+0.5,int2str(w)
    , 'color',cor,'FontSize',8);
    hold on;
end

u=((sqrt(som_eucdist2(sm1(h).codebook, sm1(h).codebook))));
u=som_normalize(u,'range')*10;
for z=1:(ncoords-1)
    dist=u(bmus_coords(coordsOrdenadas(z)), bmus_coords(coordsOrdenadas(z+1)));
    if dist>0

```

```

    line([0 nvariaveis],[ncoords-z ncoords-z],'color',cor,'LineWidth',(dist));
end
end

plot([0 0],[0 ncoords],'color',cor,'LineWidth',5);
plot([0 0],[0 -1],'color',cor,'LineWidth',tamanho);
% plot([-1 -1 0],[0 -1 -1],'color',cor,'LineWidth',tamanho);
% text([-0.9],[-0.5],'Variables','color',cor,'FontSize',8,'FontWeight','bold');
plot([nvariaveisnvariaveis],[0 ncoords],'color',cor,'LineWidth',tamanho);
plot([-1 -1],[0 ncoords],'color',cor,'LineWidth',5);
plot([-1 nvariaveis],[ncoordsncoords],'color',cor,'LineWidth',tamanho);
plot([-1 nvariaveis],[0 0],'color',cor,'LineWidth',tamanho);

set(gca, 'XtickLabel',[],'YTickLabel',[]);
set(gcf, 'Color',[1 1 1]);
%axis equal;
%axis fill;
axis off
%axison;

```